



Universitat de Lleida

PREMIS A TREBALLS DE RECERCA DE LA UdL
per a l'estudiantat de batxillerat i cicles formatius de grau superior

Ciutats sostenibles: cobertes verdes en edificis

Teresa Sapena Molina

Centre: Col·legi Episcopal - Mare de Déu de l'Acadèmia de Lleida

Tutor: Abel Hervàs

Tutor Itinera: Gabriel Pérez Luque i Julià Coma Arpon

Data: novembre, 2020



Col·legi Episcopal

TREBALL DE RECERCA

**CIUTATS SOSTENIBLES: COBERTES
VERDES EN EDIFICIS**

“El futur de les ciutats està a les nostres mans”

INDEX

| | |
|---|----|
| Agraïments | 7 |
| Abstract | 9 |
| 1. Introducció | 11 |
| 2. La contaminació | 13 |
| 2.1. Què és? | 13 |
| 2.2. Tipus | 13 |
| 2.3. Què provoca la contaminació? Efectes negatius | 15 |
| 2.4. Articles que ens demostren que la contaminació és un greu problema per al futur: Lleida i altres ciutats | 19 |
| 2.5. Mesures per reduir la contaminació | 21 |
| 2.6. Ciència ciutadana | 24 |
| 3. Per què solucions verdes? | 25 |
| 4. La bioconstrucció | 27 |
| 4.1. Beneficis de la bioconstrucció a les ciutats | 27 |
| 4.2. Solucions basades en la natura | 31 |
| 4.3. Jardins verticals: un tipus de bioconstrucció | 33 |
| 4.3.1. Sistema de jardí vertical segons l'empresa VERDTICAL | 34 |
| 5. Cobertes verdes com a solució sostenible | 35 |
| 5.1. Les cobertes tradicionals | 35 |
| 5.2. Les cobertes verdes | 36 |
| 5.3. Tipus de cobertes verdes i estructura | 36 |
| 5.3.1. Estructura bàsica | 36 |
| 5.3.2. Extensives | 37 |
| 5.3.3. Semi-extensives | 37 |
| 5.3.4. Intensives | 38 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3.5. Tipus de cobertes verdes per l'empresa "ZinCo" | 39 |
| 6. Estudi dels beneficis de les cobertes verdes. Estalvi d'energia en edificis i retenció de l'aigua d'escorrentia | 51 |
| 6.1. Introducció | 51 |
| 6.2. Materials i metodologia | 51 |
| 6.2.1. Preparació i seguiment de l'evolució de les safates | 52 |
| 6.2.2. Programació amb Arduino de sensors per a la recollida de dades: temperatures i humitats | 54 |
| 6.2.2.1. Material tècnic: <i>hardware</i> específic per a la programació del <i>software</i> | 55 |
| 6.2.2.2. Característiques tècniques dels sensors utilitzats | 57 |
| 6.2.2.3. Programa final per a la recollida de dades | 61 |
| 6.2.3. Experiment 1. Estalvi d'energia en edificis: recollida de dades d'humitats i temperatures | 64 |
| 6.2.4. Experiment 2. Retenció de l'aigua d'escorrentia: mesura de la capacitat de retenció de l'aigua | 65 |
| 6.3. Resultats i discussions | 67 |
| 6.3.1. Experiment 1. Estalvi d'energia en edificis: evolució de la humitat i temperatura als tres tipus de cobertes: grava, <i>sedum</i> i prat | |
| 6.3.2. Experiment 2. Reducció de l'aigua d'escorrentia: mesura de la capacitat de retenció de l'aigua | 73 |
| 6.3.2.1. Exemple que demostra els beneficis que podria suposar a la ciutat de Lleida | 75 |
| 7. Conclusions | 77 |
| 8. Referències | 79 |
| 9. Annexos | 81 |

| | |
|--|-----|
| 9.1. Annex 1: Procés i aprenentatge de programació amb Arduino, sensors, <i>data logger</i> , i muntatge per a la posterior recollida de dades | 81 |
| 9.2. Annex 2: Programes dels sensors Arduino | 87 |
| 9.3. Annex 3: Experiment 1. Anàlisi de temperatures i humitats. Gràfics | 91 |
| 9.4. Annex 4. Experiment 2. Mesura de la capacitat de retenció de l'aigua | 99 |
| 9.5. Annex 5. Reducció de l'aigua d'escorrentia a Berlín | 107 |
| 9.6. Annex 6. Exemple dels beneficis que podria suposar a la ciutat de Lleida la implantació de cobertes verdes | 109 |

AGRAÏMENTS

Vull donar gràcies al meu tutor d'ltinera , per haver-me donat la idea del projecte, guiat, i donat totes les facilitats per poder fer el treball teòric i pràctic. Al seu company per també acompanyar-nos en el muntatge, idees, tutories . Agrair també al professor i a , per ajudar-me en l'aprenentatge, la programació i el muntatge dels sensors en la part pràctica. També als meus pares i germanes per recolzar-me, ajudar-me en la creació del projecte i en la seva implicació, sobretot a la meua mare . Als meus veïns per regar-me les plantes i participar en el projecte, de l'estudi dels beneficis de les cobertes, durant les èpoques d'estiu que no estava a casa. Finalment al meu tutor de treball, , per haver-me guiat durant el procés de desenvolupament del projecte.

ABSTRACT

People have always been surrounded by nature so, the building of that antinatural construction causing such a high global impact on environment, never made any sense. Global warming will become a big issue in a few years' time, basically in our cities. Human society can protect, manage and restore ecosystems actively to improve the climate change challenge. The concept of Nature-based-solutions (SbN) appeared as a green solution in the pollution in cities. This research project aims to study the SbN by describing its types: vertical gardens and more important, the one given to green roofs. The investigation part consisted of studying and experimenting the benefits of green roofs in buildings and cities comparing them to traditional roofs. The investigation was divided into four parts by analysing the three examples of roofs (type of meadow, *Sedum sp.* and small stones as the traditional one) at the house garden. First, watering, taking care of the plants and preparing the experiments. Then programming an Arduino, data logger and humidity and temperature sensors. Third, obtaining data, making graphics and comparing what happened to each one, and considering the benefits. And the final experimental part consisted of measuring the capacity of water retention of the example of the roofs, and particularly in the city of Lleida. The conclusions obtained from the results, prove that green roofs would represent a significant improvement in the city, instead of the traditional ones, using *Sedum sp.* or meadow roof (depending on the country weather conditions). Green roofs act as thermal insulation in buildings, with future significant energy savings during the year, and with probable economic benefits in cities and its own infrastructures.

1. INTRODUCCIÓ

Els darrers estudis científics pronostiquen que la humanitat tendeix cap a un estil de vida “urbà” (Figura 1), en detriment de la població rural, normalment vinculada a un estil de vida menys agressiu amb el medi ambient. Sempre hem estat envoltats de naturalesa i l'ésser humà l'únic que ha fet és crear espais, elements, estructures i edificis amb un impacte negatiu en la natura quan hauria d'haver estat al revés, ja que el planeta ens dona la vida que tenim i les seves satisfaccions.

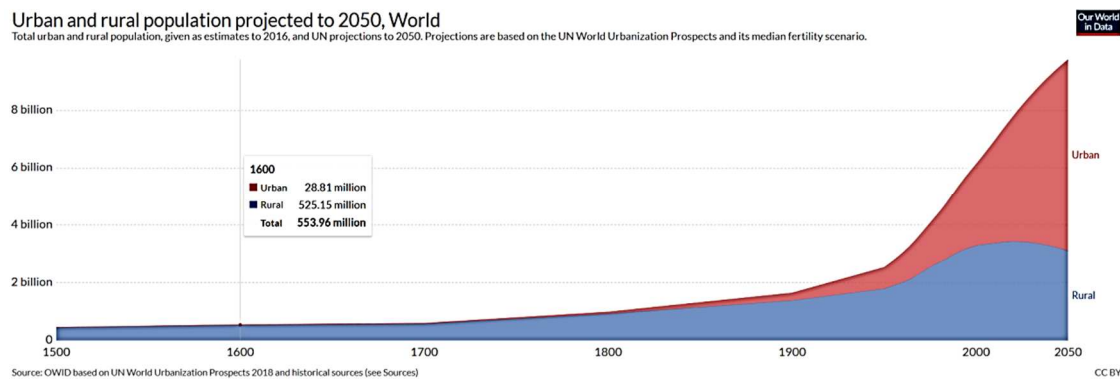


Figura 1. Evolució de la població urbana i rural al món. (Font: <https://ourworldindata.org/grapher/urban-and-rural-population-2050>)

La contaminació i el consumisme innecessari d'avui en dia ja comença a ser un greu problema on ningú està fent gairebé res al respecte. Segons la Directiva de Prevenció de la Contaminació (IPCC), estem a menys de dotze anys de no ser capaços de refer els nostres errors, ni tan sols reduint les emissions al 50%.

Contaminació sempre n'hi haurà perquè és impossible reduir definitivament les emissions, però si és poden canviar molts aspectes. La reducció de la contaminació sempre es parla de manera globalitzada on per a la gent és veu molt gran el fet de no contaminar, quan a petita escala és més senzill i és per on s'ha de començar.

Darrerament, s'estan desenvolupant tot un seguit de solucions basades en la natura, amb l'objectiu d'abordar tots aquests problemes, especialment en els entorns urbans. Aquest projecte consisteix, no en la millora del medi ambient en general, sinó de com en poc temps pot haver-hi una millora en la ciutat.

Entre aquestes estratègies basades en la natura, en destaquen aquelles que tenen com a objectiu la integració de vegetació en els edificis, és dir les cobertes i façanes

vegetades. Demostrant tant els beneficis de les condicions ambientals, en l'estalvi energètic i econòmic que pot suposar, a partir de solucions verdes.

Aquest TDR: "Ciutats Sostenibles: Cobertes verdes en edificis", és un estudi on es presenta els beneficis de les cobertes verdes i les diferències amb les cobertes tradicionals.

El treball es divideix en dues parts clarament diferenciades. Una primera, en la que es duu a terme un estudi teòric referent als problemes derivats de la urbanització de la humanitat i la vida en les ciutats, així com l'estudi de les diferents solucions verdes que es poden trobar en el sector de l'arquitectura i la edificació, per compensar aquests efectes negatius.

En una segona part, més pràctica, s'estudia el potencial de les cobertes verdes en la provisió de beneficis ambientals en la ciutat, especialment referents a l'estalvi d'energia en edificis i la reducció de l'efecte "Illa de Calor" en les ciutats. També s'estudia la capacitat d'aquests sistemes per a retenir l'aigua de pluja, minimitzant així els greus efectes que té l'escorrentia de l'aigua en les ciutats durant els esdeveniments de pluges fortes, cada cop més freqüents a causa del canvi climàtic.

Per a dur a terme la part experimental, es va contactar amb investigadors de la Universitat de Lleida, especialistes en infraestructura verda, els quals van prestar el seu suport en el disseny dels experiments i l'anàlisi dels resultats. Així mateix, i considerant el concepte de "ciència ciutadana", des del primer moment va ser un objectiu prioritari del treball el fer partícip del mateix a tot l'entorn proper (familiars, veïns, professors, etc.), garantint així que els coneixements i resultats obtinguts, tenien el màxim impacte possible.

2. LA CONTAMINACIÓ

2.1. QUÈ ÉS?

La **contaminació** és la introducció de substàncies o altres elements física en un medi que provoca que sigui insegur o no apte per a l'ús. El medi pot ser un ecosistema, un medi físic o un ésser viu. El factor contaminant pot ser una substància química o energia, ja sigui so, calor, llum o radioactivitat.

La contaminació és una alteració negativa de l'estat natural del medi, i generalment es genera com a conseqüència de l'activitat humana en forma d'impacte ambiental.

2.2. TIPUS

La contaminació es pot classificar segons el tipus de font d'on prové, o per la forma de contaminant que emet o per el medi que contamina.

La contaminació pot ocórrer al sòl, terra i aire de diferents modes i formes: emissions de gas nocius, sorolls, químics, etc. Per tant podem dir que existeixen 15 tipus de contaminació en els quals es classifiquen en funció de tres criteris: medi afectat, medi contaminant i extensió de la font.

1. Contaminació segons el medi afectat:

- Atmosfèrica o ambiental: és l'alliberació de substàncies químiques a l'atmosfera, on n'alteren la composició i suposen un risc per a la salut de les persones i del éssers vius. Aquesta és produïda per fums dels tubs d'escapament i de les fàbriques, de la crema de residus, incendis forestals i erupcions volcàniques.

La contaminació pot ser de caràcter local o global. El primer quan s'afecta a una ciutat en concret. Segon, quan les característiques del contaminant afecten a l'equilibri del planeta i zones distants dels focus emissors, com per exemple la pluja àcida o l'escalfament global.

- Hídrica o de l'aigua: la presència de residus desfets a les aigües. Les principals causes es deuen a l'abocament de residus sòlids domèstics (residus que no són perillosos) i també industrials. Vessaments de petroli i la

descarrega d'olis usats. La contaminació dels rius, mars i llacs s'ha convertit en un focus d'infeccions i malalties per als éssers humans.

- Sòl: la contaminació del sòl succeeix quan s'introdueixen productes químics, com el petroli i els seus derivats, pesticides, també metalls pesants freqüents a les bateries, etc. Els vertaders i cinturons ecològics, fets servir per enterrar grans quantitats de deixalles i residus que es generen al camp, estan començant a fomentar la contaminació del sòl. Així doncs, aquesta contaminació entra en contacte directe amb les persones.

-

2. En funció del mètode contaminant ambiental

- Química: contaminació amb compostos químics de diversos medis i materials emprats per a la vida humana com l'aigua, la terra i els aliments.
- Radioactiva: fent referència a la dispersió de materials radioactius, com l'urani. Aquesta contaminació pot ser causada per accidents o per l'ús de la disposició final de residus radioactius, així provocant la destrucció i afectació del medi que l'envolta.
- Tèrmica: deguda a l'emissió de fluids i gasos a elevada temperatura i causat per la influència humana. Recentment s'ha demostrat empíricament que n'és un dels grans causants de l'actual canvi climàtic.
- Acústica: consisteix en la presència d'alts decibels en llocs determinats. La causa principal n'és l'activitat humana, com el transport la construcció dels edificis i obres públiques, la indústria, etc. Els efectes produïts per els sorolls poden ser fisiològics, com la pèrdua de l'audició, i psicològics, com la irritabilitat exagerada, alteracions de la son o disminució de la capacitat mental de concentració.
- Visual: destrueix visualment el paisatge natural, rural o urbà, degut a la presència de construccions com indústries, tanques publicitàries en carreteres i avingudes, carreteres, mines a cel obert...
- Lumínica: consisteix en la il·luminació artificial excessiva, on provoca una interferència per al treball d'observatoris i astrònoms.
- Electromagnètica: produïda per les radiacions de l'espectre magnètic generades per equips electrònics (mòbils, ordinadors, televisions...) o altres productes utilitzats per a l'activitat física com torres d'alta tensió i transformadors, antenes de telefonia mòbil i electrodomèstics.

- Microbiològica: produïda principalment per aigües contaminades, com les aigües servides, subterrànies o superficials, causant malalties als animals i als éssers humans.
- Genètica: consisteix en la transferència incontrolada o no de material genètic a les plantes. Aquesta contaminació afecta al patrimoni genètic d'una població o d'una espècie i pot afectar greument la biodiversitat genètica.

3. Contaminació segons la extensió de la font:

- Puntual: quan es possible localitzar l'agent contaminant en un punt determinant.
- Lineal: contaminació produïda al llarg d'una línia.
- Difusa: quan la contaminació s'estén homogèniament per tot una àrea.

Tots els tipus de contaminació que s'han indicat anteriorment estan interconnectats entre si.



Figura 2. Contaminació de l'aire. Imatge del National Geographic

2.3. QUÈ PROVOCA LA CONTAMINACIÓ? EFECTES NEGATius

Els principals efectes negatius que pot provocar la contaminació son:

- Boirum fotoquímic
- Pluja àcida
- Efecte hivernacle

- Canvi climàtic
- Contaminació de l'aire
- Desaparició d'espècies

BOIRUM FOTOQUÍMIC

Boirina formada a partir de fums i gasos contaminants amb el concurs de la radiació solar, produint diverses espècies de contaminants per reaccions fotoquímiques. Aquest boirum és causat per l'activitat industrial que emet fums amb gasos d'efecte hivernacle i altres contaminants ambientals, per les emissions de gasos dels vehicles que fan servir combustibles fòssils, i per la mala gestió de residus contaminants tant urbans com en el medi rural.

Greus conseqüències que provoca el boirum és que es modifica l'entorn tant a nivell químic com a nivell visual. Pot causar accidents de trànsit. També afecta els animals de la zona i a les plantes, ja que no arriba bé la llum solar, impedeix que hi hagi formació de núvols amb precipitacions, s'incrementin les temperatures per l'acumulació excessiva de gasos d'efecte hivernacle, inflamació de les vies respiratòries i problemes respiratoris, afavoreix l'aparició de malalties cardíaques i les agreuja. Finalment, en casos en què es perllonga el problema ambiental, produeix estrès, malestar generalitzat, pèrdua de qualitat de vida, aparició de diferents tipus de càncer i, finalment, la mort prematura.

PLUJA ÀCIDA

La pluja àcida és una precipitació aquosa que conté en dissolució els àcids sulfúric i nítric produïts per la combinació dels òxids de sofre (SO_2) i òxids de nitrogen (NO , NO_2) amb els vapor d'aigua atmosfèric. Una pluja es considera àcida si el seu pH és inferior a 5,6. Les seves causes son per l'emissió de àcids sulfúrics i nítrics a l'atmosfera. Els principals causants son: el diòxid de sofre (combustions de carbons o petrolis) i l'òxid de nitrogen (fertilitzants i motors de combustió).

Les pluges àcides tenen efectes perjudicials sobre la vegetació (corrosió de les fulles i reducció del creixement dels arbres), els llacs i rius (provoquen la mort de la majoria d'animals i plantes aquàtics ja que acidifica les aigües), la salut de persones i animals (problemes respiratoris i càncers) i sobre els edificis i monuments (metalls de construcció es rovellen, el color de les pintures es fa malbé).

LA CONTAMINACIÓ DE L'AIRE

A continuació es pot llegir un article on queda reflectida alguna de les conseqüències de la contaminació del aire:

temas / Cambio climático

La contaminación del aire que respiramos provoca millones de muertes

Según un estudio reciente, la reducción de las emisiones de carbono podría evitar 153 millones de muertes prematuras relacionadas con la contaminación del aire en el próximo siglo

Redacción

17 de septiembre de 2019, 10:19

CAMBIO CLIMÁTICO | CALENTAMIENTO GLOBAL

Varios estudios científicos y médicos, así como la **Organización Mundial de la Salud**, vienen alertando desde hace tiempo sobre la relación entre la contaminación atmosférica y el desarrollo de enfermedades cardio-respiratorias y cánceres responsables en muchos casos de muerte prematura, sobre todo en las grandes aglomeraciones urbanas. No obstante este, es el primero en contabilizar la cantidad de vidas que se podrían salvar, ciudad por ciudad, en 154 de las áreas urbanas más grandes del mundo si el conjunto de las naciones más contaminantes del planeta acordaran reducir las emisiones de carbono y limitar, a su vez, el aumento de la temperatura global a 1,5 ° C en el futuro.

Figura 3. Article del National Geographic España, del 17 de Setembre de 2019, on ens explica el que demostren estudis sobre les conseqüències de la contaminació de l'aire.

EFFECTE HIVERNACLE

És el fenomen natural pel qual la Terra es manté calenta gràcies a la presència a l'atmosfera d'uns gasos (vapor d'aigua i CO₂, principalment) que absorbeixen i retenen la radiació solar, i també a l'escalfament general del planeta com a conseqüència de la contaminació de l'atmosfera. Aquest efecte procedeix dels següents gasos:

1. *El diòxid de carboni (CO₂)* és el principal responsable de l'efecte hivernacle. Prové de la combustió de carbó, petroli i gas natural. Aquests combustibles fòssils els cremem a casa, a les fàbriques, als cotxes i a les centrals energètiques per obtenir calor i energia. Quan es cremen els boscos i les selves per convertir els terrenys en conreus també s'alliberen grans quantitats de CO₂ a l'atmosfera i es destrueixen molts arbres que absorbeixen el CO₂. Per tant, es tracta d'una contribució doble a l'efecte hivernacle.
2. *El metà* és un gas olorós que desprenen les zones pantanoses, els arrossars, els abocadors de deixalles, les mines de carbó, els conductes de gas natural i els excrements dels bestiar com a conseqüència de processos digestius.
3. *L'òxid de nitrogen* és present de forma natural en l'atmosfera, ja que apareix per l'acció dels bacteris del sòl. Però s'ha incrementat com a conseqüència de l'ús de fertilitzants químics i de la combustió de carburants. La quantitat d'òxids de nitrogen a l'atmosfera ha augmentat en un 80% des del segle passat.
4. *El compostos nitrogenats* que arriben al sol per la ramaderia intensiva, contaminant també els aqüífers.
5. *L'ozó de superfície*. L'ozó que es troba a gran alçada en l'atmosfera forma la capa d'ozó, que protegeix la Terra de les radiacions ultraviolades que emet el Sol. En canvi, l'ozó de superfície és un element molt contaminant que apareix quan la llum del Sol reacciona amb la contaminació de les indústries i els vehicles. Contribueix a formar la boira fotoquímica o *smog* i potencia l'efecte hivernacle. A més a més, l'ozó de superfície no s'enlaira fins a les parts altes de l'atmosfera per reforçar la capa d'ozó.

CANVI CLIMÀTIC

Tots aquests efectes ens estan abocant a un canvi climàtic que pot tenir unes conseqüències molt greus pel planeta i tots els éssers vius: increment de les

temperatures, escalfament global del planeta, desgel dels pols i increment del nivell del mar (amb la conseqüent desaparició de territoris), cada vegada més fenòmens climàtics extrems: grans períodes de sequera, pluges torrencials i altres desastres naturals. Tot això també provocarà moviments migratoris de la població i la desaparició d'espècies.

DESAPARICIÓ D'ESPÈCIES

La contaminació està provocant que desapareguin gran quantitat d'espècies, fet constatat per molts grups investigadors.

La sexta extinción, presente ya en varios estudios científicos

En la prestigiosa publicación de la Academia Nacional de las Ciencias de Estados Unidos (PNAS) han ido más allá: «Una aniquilación biológica de la vida silvestre en las últimas décadas significa que una sexta extinción masiva en la historia de la Tierra está en marcha y es más grave de lo que se temía». Es una de las conclusiones de un reciente estudio, en el que los científicos analizaron especies comunes y raras y encontraron que se han perdido miles de millones de poblaciones regionales o locales. Culpan de ello a la superpoblación humana y el consumo excesivo, y advierten de que esto amenaza la supervivencia de nuestra civilización, con un breve lapso de tiempo para actuar. Segovia advierte, en esta línea: «Si queremos detener esta pérdida de biodiversidad, el camino es claro: modificar nuestra forma de consumir. Empezando por Consumir menos».

Otro estudio reciente del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) incluso ha puesto una fecha: 2100, si seguimos alterando el equilibrio químico de los océanos por la emisión cada vez mayor de CO2 la atmósfera. Especialmente, si esto afecta a la cantidad del carbono contenida en sus aguas, tendría consecuencias imprevisibles. «En el pasado geológico, estos desequilibrios se asociaron a las extinciones masivas», declaraba públicamente el responsable del informe, Daniel H. Rothman.

Figura 4. Article de DKV Seguros sobre la desaparició massiva d'espècies

2.4. ARTICLES QUE ENS DEMOSTREN QUE LA CONTAMINACIÓ ÉS UN GREU PROBLEMA PER AL FUTUR: LLEIDA I ALTRES CIUTATS

A escala global ens trobem molts problemes produïts per l'escalfament terraquí: incendis, desforestació, la sobreproducció, etc. Però a nivell de ciutats ens trobem els següents:

Rècords de temperatura en una tarda amb més de 40 graus en diverses comarques

Aquest divendres el termòmetre encara pujarà una mica més

☉ 4 min. BARCELONA 27/06/2019 15:10

Figura 5. Titular notícia Diari Ara

Segons el Diari Ara, 27 de Juny de 2019:

“Dijous de calor desbocada, la temperatura avui s'ha disparat per sobre dels 40 graus, ja no de forma puntual, sinó en un bon grapat de comarques. Alguns observatoris del Meteocat amb més de 20 anys de dades han batut el seu rècord absolut, és el cas per exemple de Gurb (40,9 graus), el Pont de Suert (37,3 graus) o Vilanova de Segrià (41,5), on avui s'ha arribat a temperatures inèdites. Sense ser rècord absolut moltes de les temperatures d'avui són inèdites per un mes de juny. A l'escola d'enginyeria agrària de Lleida, per exemple, la màxima ha escalat fins als 41,8 graus. Amb dades des del 1960 només hi ha registrades dues situacions de més calor a la capital del Segrià, són l'onada de calor del 6 i 7 de juliol del 1982 que va provocar una temperatura de fins a 42,8 graus, i l'onada de calor del juliol del 2015 en què el termòmetre va arribar a 43,1 graus. Mai la temperatura havia pujat tant el juny”.

temas / Ciudades

Megaciudades en peligro

El cambio climático puede poner en riesgo la vida en las mayores ciudades del mundo

20 de marzo de 2018, 10:14

CIUDADES | CAMBIO CLIMÁTICO

Es la afirmación que se desprende del estudio liderado por el **Basque Centre for Climate Change** sobre las 120 mayores ciudades costeras del planeta, que advierte de la suerte que pueden correr grandes metrópolis como Nueva Orleans, Cantón, Shanghái, Boston o Nueva York.

Pese a los esfuerzos puestos en la lucha contra el calentamiento global, el fenómeno del cambio climático no cesará en su empeño por hacer del mundo un lugar más difícilmente habitable por los seres humanos. Es por ello que los científicos no dejan de estudiar los posibles impactos de una de sus consecuencias más directas, el incremento del nivel del mar, y de los posibles efectos para las grandes ciudades costeras del mundo, donde los riesgos, por la superpoblación de estos núcleos urbanos, se multiplican exponencialmente.

"Existe la necesidad cada vez más urgente de invertir en medidas de adaptación frente a futuras subidas del nivel del mar"

Figura 6. Article de National Geographic España, sobre el gran perill de les grans ciutats.

2.5. MESURES PER REDUIR LA CONTAMINACIÓ

Hi ha moltes mesures per reduir la contaminació causada pels humans. Petites accions que es poden dur a terme dia a dia. *“It’s only one plastic bottle, said 8 million people”*. La gent no n’és pas conscient de com afecten les accions quotidianes al planeta. El capitalisme, l’excés de consumició de productes i fabricació d’aquests. Molts problemes estan a càrrec del poder, dels polítics, dels grans empresaris de les multinacionals, i ells no canvien les coses, però els demés si que podem fer-ho. Petits actes en mans del poble. Formar part d’organitzacions mediambientals, protestar als *Friday’s for Future*, iniciat per Greta Thunberg. No cal ser activista, sinó que amb les tres “R” ja es pot fer un bé per a la humanitat.

Si volem evitar els perills que comportaria un escalfament general del planeta, el primer que hem de fer és reduir la quantitat de gasos hivernacle, procedents de les activitats humanes, que arriben a l’atmosfera. Per aconseguir-ho, podem seguir les recomanacions següents:

1. Per reduir els índexs de diòxid de carboni hem d'utilitzar menys combustibles fòssils.
2. Cal estalviar energia perquè si el consum domèstic i industrial d'energia es redueix, les calderes i les centrals energètiques hauran de cremar menys combustibles fòssils.
 - Podem utilitzar electrodomèstics i aparells de baix consum.
 - Cal fer servir bombetes de baix consum: duren vuit vegades més i gasten només 1/5 part de l'energia que necessita una bombeta convencional.
 - És necessari tancar els llum quan no els necessitem.
 - Hem de reduir el consum de combustible dels automòbils. Actualment cada cotxe desprèn quatre vegades el seu pes en diòxid de carboni.
 - Cal aïllar la casa per reduir les fuites de calor i mantenir-la calenta gastant menys energia.
 - Hem d'utilitzar paper reciclat. El procés de reciclatge del paper requereix menys energia que el d'obtenció de paper a partir de la fusta. A més a més, així podem salvar molts arbres.
 - Cal utilitzar el transport públic en lloc del cotxe particular.
3. Cal utilitzar fonts d'energia alternatives:
 - *Energia eòlica*: les torres eòliques aprofiten la força del vent per generar energia. Alguns vaixells moderns porten unes veles dissenyades per aprofitar al màxim la força del vent i reduir el consum de combustible.
 - *Energia geotèrmica*: en algunes zones volcàniques, les fonts termals i les guèisers produeixen energia que s'aprofita per generar electricitat i calor.
 - *Energia mareomotriu*: les onades i marees mouen grans masses d'aigua i contenen molta energia. Aquesta força es pot aplicar per moure unes màquines que generen energia.
 - *Energia solar*: les cèl·lules o plaques solars poden captar directament l'energia del Sol i transformar-la en electricitat. Cal

utilitzar calculadores i rellotges solars. Alguns telèfons mòbils també es poden carregar amb energia solar.

- *Energia hidroelèctrica*: aprofita la força que té en caure l'aigua d'un embassament o d'un salt d'aigua per generar electricitat.

4. Evitem comprar aerosols.
5. Els agricultors haurien d'evitar l'ús excessiu de fertilitzants químics i altres productes fitosanitaris.
6. Explotació de la ramaderia de una manera més racional i sostenible
7. Cal deixar de talar i cremar els boscos. Hem de plantar més arbres, ja que absorbeixen el diòxid de carboni i eviten que vagi a parar a l'atmosfera.
8. Hem de manifestar-nos i protestar contra la destrucció de les selves tropicals.
9. No comprem mai productes elaborats amb fusta procedent d'arbres de les selves tropicals.
10. Comprar el màxim de productes locals

Cal participar en iniciatives, campanyes internacionals o associacions que promoguin un estil de vida sostenible per tal de combatre problemàtiques com ara el canvi climàtic.

2.6. CIÈNCIA CIUTADANA

La **ciència ciutadana** inclou projectes dissenyats pels científics en els que els ciutadans participen en la recollida de dades (projectes contributius), projectes estructurats pels científics en els que els ciutadans tenen oportunitats i eines per participar en el disseny del projecte, la recollida de dades i el seu anàlisi (projectes col·laboratius); i projectes en els que els ciutadans participen en totes les etapes del procés científic (projectes co-creatius). Aquests projectes permeten a la societat avançar en una millor comprensió de l'entorn, dels serveis ecosistèmics o dels riscos ambientals, i sovint comporten una major implicació en la conservació de l'entorn i la millora de la salut ambiental per part dels ciutadans. Beneficien, per tant, al col·lectiu científic però també a la ciutadania.



Figura 7. Activitat “Fem Ciència Ciutadana” on famílies descobreixen i participen en la investigació i projectes de la biodiversitat.

3. PER QUÈ SOLUCIONS VERDES?

S'han de buscar solucions per a el problemes mediambientals: les solucions verdes. Quan parlem de solucions verdes, ens referim a les tecnologies, sistemes i productes que protegeixen el medi ambient, els ecosistemes, recursos naturals del planeta i també la nostra salut. Les solucions verdes son la resposta a aquesta problemàtica mediambiental per activitat humana no controlada per part de les persones i empreses. Les solucions verdes miren de contrarestar, crear un medi ambient millor, més ecològic i saludable per a tots.

3.1. LA PETJADA HUMANA

Des de que la industrialització va començar, els edificis i les construccions van optar per una forma humana i no pas natural, a causa dels elements no provinents de fonts primàries, sinó que passats per un procés de fabricació. Poc a poc la naturalesa està sent destruïda per la petjada humana que creada dia a dia. D'un món on tot és naturalesa l'ésser humà decideix crear estructures, edificis, construccions i elements oposats a les formes creades per aquesta. Llum solar, espais verds...els éssers humans oposats a viure com estan predestinats. Tancats amb llum elèctrica, modificació del terreny per als beneficis propis... El problema també és doncs, de qui han creat aquests elements i dels professionals o arquitectes en la construcció que no modifiquen la manera de construir. La **petjada humana** ha de començar a ser més ecològica, i ho ha de fer on comença la vida: la **bioconstrucció**.

4. LA BIOCONSTRUCCIÓ

La **Bioconstrucció Urbana** és la tecnologia de construcció basada en rehabilitar o construir de forma ecològica, tenint en compte factors relacionats amb la salubritat i sostenibilitat de l'edifici.



Figura 8. Exemple de la bioconstrucció d'una casa.

4.1. BENEFICIS DE LA BIOCONSTRUCCIÓ A LES CIUTATS

- **Escalfament urbà**

L'**Efecte Illa de Calor Urbana (ICU)** s'aplica a les àrees urbanes amb temperatura més alta que les perifèries suburbanes i rurals. Els elements sòlids del paisatge metropolità són la causa principal d'aquest efecte: ciments, asfalts, façanes de metall i vidre, juntament amb superfícies sòlides que irradien calor en lloc d'absorbir-lo.

Les plantes absorbeixen l'energia solar, proporcionen ombres i realitzen la evapotranspiració, fent així una temperatura urbana més baixa, amb superfícies més fresques i aire més net. Per tant, **augmentant la qualitat i la quantitat de vegetació dels parcs i espais verds dins de la ciutat pot reduir les temperatures urbanes**, molt elevades concretament a l'estiu.

- **Qualitat de l'aire**

La vegetació urbana és capaç de filtrar les partícules de l'aire, així millorant la seva qualitat. Les infraestructures verdes en els espais urbans poden reduir aquestes

partícules fins un 60%, i les façanes vegetals tenen la capacitat de reduir la concentració de les partícules en suspensió de l'aire, de forma local, entre un 10% i 20%.

La contaminació de l'aire és una mescla de partícules gasoses, sòlides i líquides. Els contaminants atmosfèrics més comuns en els espais urbans són la pols, el pol·len, el fum i les emissions de les fàbriques i els tubs d'escapament.

La qualitat de l'aire és un indicador clau per a la salut pública i més àrees urbanes, on la població està exposada a una baixa qualitat de l'aire. Respirar aire contaminat genera o empitjora malalties com el asma, el càncer de pulmó i altres problemes mèdics.

L'Índex de Desempeny Ambiental de la Universitat de Yale considera que 1.780 milions de persones han inhalat aire contaminat durant la dècada passada, i la Organització Mundial de la Salut estima que la mala qualitat de l'aire ha provocat set milions de morts només al 2012.

Efecte filtrador de les plantes: poden eliminar no només el diòxid de carboni sinó també les partícules contaminants en suspensió com el fum i la pols.

La vegetació urbana té el potencial de filtrar partícules fines i ultra fines, amb menys de 10 microns de diàmetre, a través de la deposició de fulles a la superfície de les fulles. Aquests depòsits poden ser arrastrats per mitjà de la pluja o de d'humitat deliberada per evitar que tornin a l'aire. Els estudis han demostrat que les infraestructures verdes urbanes poden reduir les partícules volàtils fines i ultra fines fins un 60%.

- **Acústica**

Les façanes verdes poden reduir els nivells del soroll del trànsit fins 10 dB (A). No són capaces de reduir de forma significativa a prop de la font d'emissió, però tenen millors resultats a mesura que augmenta la distància respecte l'origen de l'emissió sonora.

Des del 1970 s'han desenvolupat tècniques sostenibles per a la reducció del soroll urbà amb cobertes verdes, plantacions al sòl, barreres d'arbres, demostrant que poden reduir els nivells de soroll entre 5 y 15 dB (A).

Tres elements dels quals provenen el soroll son: l'energia del soroll directe (que viatja des de l'origen del soroll fins la oïda que els escolta), l'energia del soroll reflex (acumulat a la superfície de la via i de les façanes dels edificis), i l'energia del soroll difractat (que dona la volta a les cantonades de les illes/urbanitzacions).

Els carrers de les ciutats estan fets de materials durs i densos, com el formigó, on es reflexa el so i augmenta el nivell de soroll del carrer. Les façanes verdes no podran mitigar eficaçment el soroll directe, però sí el poden amortitzar i així reduir el nivell general de soroll.

- **Millora del paisatge sonor**

L'estudi anterior es focalitza en propietats acústiques quantificables, però també és important considerar els beneficis psicològics qualitatius de les façanes verdes en els humans. Els sons naturals, com els dels ocells o l'aigua gotejant, creen un paisatge sonor plaent i relaxant.

- **Salut**

Son molts els motius per els que la Bioconstrucció i les façanes verdes beneficien la salut de les persones: la neteja de l'aire, la sensació de naturalesa i frescor, i inclòs la salut mental estan estretament relacionades amb la presència de vegetació, tant en la quantitat com en la qualitat de les nostres ciutats.

Els ambients de vegetació son molt bons per a les persones per moltes raons, les primeres, ja demostrades, la naturalesa proporciona un alleujament de les tensions quotidianes de les grans ciutats. Millora la capacitat de concentració, fer front a l'estrès i genera idees creatives, i disminueix la conducta antisocial. També el contacte passiu amb els espais verds redueix el nivell de pressió en sang.

Per exemple, un estudi de 1984 sobre l'impacte de la naturalesa en la recuperació dels pacients a un hospital a Pennsilvania, EEUU, on es va observar que els pacients amb vistes als arbres tenien una estància post-operatòria menor que els que tenien les vistes d'una paret, emetien menys comentaris negatius, prenen menys analgèsics i tenien menys complicacions post-operatòries.

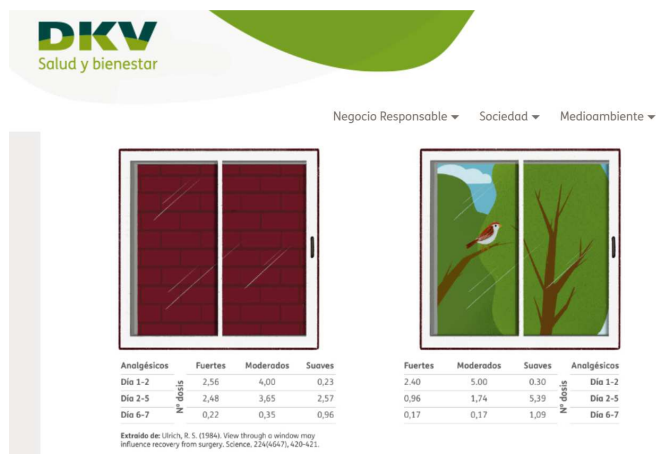


Figura 9. Dades obtingudes a la web DKV sobre l'estudi que es va fer a Pensilvania el 1984.

- **Consum d'energia**

Les diferències entre la temperatura de les façanes verdes i la de les façanes sense revestiment orgànic poder arribar fins als 45°C. Això comporta un important estalvi energètic, ja que les plantes ajuden a aclimatar l'interior de l'edifici de forma natural i redueixen la necessitat de sistemes de refrigeració i calefacció.

- **Aïllant tèrmic**

Amb un sistema de façana ventilada vegetal, la superfície coberta per les plantes té unes temperatures màximes de 35°C, front els 80°C que assoleixen les parets no cobertes i que reben la incidència directa de la llum solar. Aquestes oscil·lacions de temperatura en façanes vegetals i no vegetals depèn de moltes variables, com l'orientació de les parets, el microclima, els corrents d'aire, el tipus d'urbanització circumdant, l'altura dels edificis confrontants, el tipus de tancament existent, els ponts tèrmics, etc.

- **Biodiversitat**

La incorporació de jardins verticals i façanes verdes a la construcció preserva la biodiversitat al generar espais verds on les persones poden conviure amb naturalesa i beneficiar-se de la seva presència, i les plantes i animals disposen de zones habitables.

Els nous edificis i els existents, les autopistes, els carrers i altres espais oberts de les nostres ciutats deuen incorporar la naturalesa en forma d'infraestructura multifuncional.

- **Beneficis econòmics**

La Bioconstrucció genera més espais verds, on s'han demostrat que els residents, treballadors i turistes, es relaxen, interactuen més socialment, fan exercici i redueixen el nivell d'estrès. Aquestes mesures, a més, proporcionen **beneficis econòmics**, ja que es redueix el cost de l'atenció sanitària i s'afegeix l'atractiu a la ciutat, atraient negocis i turisme i, per tant, impulsant l'activitat econòmica. També en quan a reducció d'aigua d'escorrentia, produint un estalvi econòmic de la inversió en els problemes de les infraestructures del clavegueram de la ciutat.

- **Contra la destrucció del medi natural:**

Les previsions climàtiques per al futur preveuen més esdeveniments del clima extrem i augment del nivell del mar que deixarà a les ciutats costaneres en perill. Les infraestructures verdes també poden funcionar a l'hora de preservar ecosistemes front al canvi climàtic, ja que actuen com amortidor natural i preveuen inundacions amb la reducció de l'escorrentia de l'aigua en les ciutats.

4.2 SOLUCIONS BASADES EN LA NATURA

En els darrers anys ha emergit amb força el concepte de “Solucions basades en Natura” (SbN) (*Nature-based Solutions* en anglès), especialment en el context de les ciutats verdes, la resiliència urbana o la urbanització sostenible, per obtenir beneficis de la natura i així, ciutats més habitables.

L'origen de les SbN s'insereix principalment en el marc dels serveis dels ecosistemes (o serveis ecosistèmics), és a dir, en el reconeixement del rol fonamental que juguen els ecosistemes pel benestar humà. Aquesta visió antropocèntrica de la relació entre natura i societat va començar a establir-se en la literatura científica als anys 70, però no va ser fins a finals dels anys 90 i especialment després de la publicació de l'Avaluació dels Ecosistemes del Mil·lenni (l'any 2003), liderada per Nacions Unides, que va entrar clarament a l'agenda política global. D'acord amb l'informe de l'IUCN “*Nature-based solutions to address global societal challenges*” (2016), el concepte de SbN va emergir a finals dels 2000 a partir d'un enfocament “operatiu” del marc de serveis dels

ecosistemes: “la societat humana no només és un subjecte passiu en relació als beneficis de la natura, sinó que també pot protegir, gestionar i restaurar activament els ecosistemes de manera que contribueixin a abordar els principals reptes als quals s’enfronta, com el canvi climàtic”.

Actualment en son moltes les ciutats que comencen a investigar, dissenyar i aplicar les SbN. Un exemple de ciutat propera a Lleida n’és Barcelona (Figura 11). Altres com Londres ja s’ha unit a la causa.

| SOLUCIONS BASEDES EN NATURA | | |
|-------------------------------|--|---|
| | UICN | Comissió Europea |
| Definició | Accions per protegir, gestionar de forma sostenible i restaurar ecosistemes naturals o modificats que aborden reptes de la societat de manera eficaç i adaptativa, alhora que proporcionen beneficis pel benestar humà i la biodiversitat. | Accions inspirades, basades o copiades de la naturalesa, que utilitzen o milloren solucions existents per afrontar diversos reptes ambientals, socials, i econòmics de manera sostenible i eficient. |
| Principals àmbits d’aplicació | <ul style="list-style-type: none"> • Seguretat alimentària i hídrica • Canvi climàtic • Salut humana • Risc de desastres naturals • Desenvolupament social i econòmic | <ul style="list-style-type: none"> • Promoure la urbanització sostenible • Restaurar ecosistemes degradats • Desenvolupar estratègies de mitigació i adaptació al canvi climàtic • Millorar la gestió del risc i la resiliència |

Font: Informe “*Nature-based solutions to address global societal challenges*” (UICN, 2016) i informe “*Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*” (Comissió Europea, 2015).

Figura 10. Defició i principals àmbits d’aplicació de les Nature-based solution

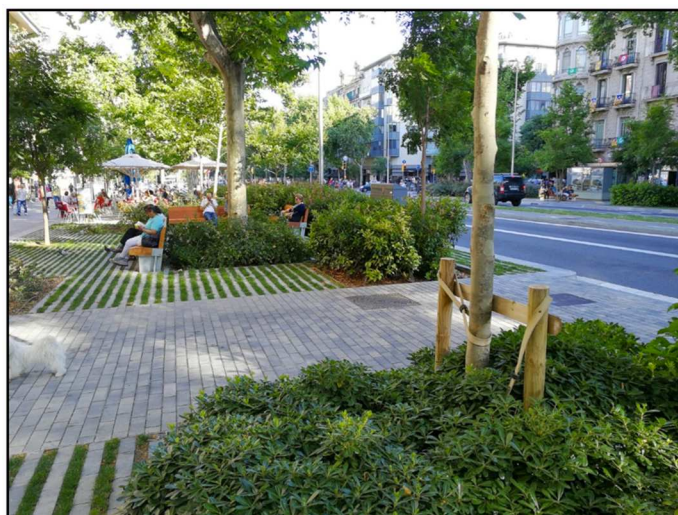


Figura 11. El corredor verd del Passeig de Sant Joan ha permès pacificar el trànsit d’aquesta via, crear espais d’estada i esbarjo, incrementar la vegetació urbana a diferents estrats i millorar el control de l’escorrentia superficial a través de paviments semi-permeables (Foto: Francesc Baró).

4.3. JARDINS VERTICALS: un tipus de bioconstrucció

Els jardins verticals són un tipus de bioconstrucció. A continuació es presenten una sèrie de fotografies on es poden observar alguns exemples a diferents ciutats del món.



Jardins de la Bahía de Singapur



El nou Jewel Changi Airport de Singapur



Jardins en edificis a la ciutat de Singapur



Jardins verticals a la ciutat de Mèxic



Altres exemples de jardins verticals

Figura 12. Exemples de diferents jardins verticals arreu del món

4.3.1 SISTEMA DE JARDI VERTICAL SEGONS L'EMPRESA VERDTICAL

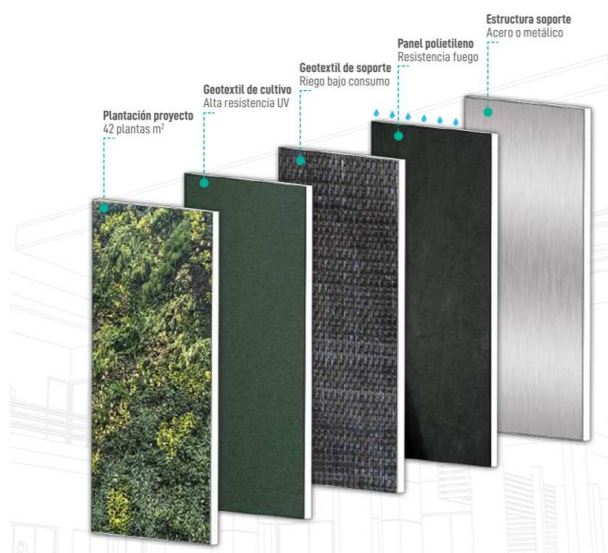
A la figura 13 es pot observar quina seria la estructura necessària per instal·lar un jardí vertical (A, sistema IPanel), així com el sistema de control del mateix (B, sistema IWall).

2.2

SISTEMA IPANEL

El nuevo sistema Ipanel controla el buen funcionamiento del jardín obteniendo resultados óptimos gracias a la información Big Data.

- Revestimiento orgánico inteligente multifunción.
- Sistema perfilera metálica fachada ventilada compuesto panel polietileno más especies vegetales por ubicación y climatología.
- Cerebro de gestión inteligencia IWall recopila información mediante sensores Big Data de Humedad, CO2 e iluminación.
- Gestiona en tiempo real mediante algoritmos necesidades de luz y agua, adaptándose a los cambios climáticos del entorno.
- Tecnología a la vanguardia de la Innovación.
- Ultraligero y de bajo consumo, su bajo peso convierte tus instalaciones más complejas en algo sencillo.



2.3

SISTEMA IWall

La pieza fundamental que dota de vida al iPanel. Sistema Cerebro por sensores en 'Real Time' en nube el gran avance en jardines verticales inteligentes y autosuficientes.

- La Biotecnología de Control iWall dota de inteligencia a las plantas, lo que ofrece que el jardín vertical sea capaz de adaptarse en tiempo real a los cambios climáticos exteriores así como saltos de temperatura en proyectos de interiores.
- La solución perfecta para proyectos donde se pretende lograr ultra bajo consumo de agua ya que iWall logra su consumo por debajo del decreto de sequía 0,5l a 1,5l m2 el más eficiente del mercado con diferencia.
- Imprescindible para proyectos de infraestructuras urbanas de gran tamaño.
- Pensado y desarrollado para descargar tareas de control y check-in de riegos, las plantas son las que mandan los técnicos de mantenimiento supervisar no al revés.



El cerebro en la nube que gestiona IPanel



Sensor de iluminación
Control lumínico para proyectos de interior



Sensor de humedad
Control de humedad relativa multifunción.



Sensor de riego
Control presiones, consumos, análisis, caudal, humedad sustrato.



Sensor de CO2
Control CO2 control atmosférico multifunción.

▶ VER VIDEO



Interfaz iWall

Figura 13. Exemple de sistema de jardí vertical de la empresa Verdtival i control d'aquest (Font: www.verdtical.com)

5. COBERTES VERDES COM A SOLUCIÓ SOSTENIBLE

Abans de començar a parlar de les cobertes verdes com a solució sostenible es nomenarà breument les cobertes tradicionals per poder observar les diferències.

5.1. LES COBERTES TRADICIONALS

Les **cobertes tradicionals** són les que s'ha utilitzat des dels seus inicis en la construcció fins avui en dia.

Les cobertes són els elements superiors de l'edifici i es poden classificar segons estructura, forma, ús, sistema constructiu i materials:

- **Estructura:** simple o composta
- **Forma:** plana o inclinada (1 vessant, a 2 aigües, a 4 aigües, trencada o plegada)
- **Ús:** transitable o no transitable
- **Sistema constructiu:** tradicional o invertit
- **Materials:**
Naturals vegetals (palla, fusta, canya) o **minerals** (graves, terra, adobe)
Artificials (teules de pissarra, ceràmica, ciment, panells metàl·lics, vidre, cautxú o plàstic)



Figura 14. Coberta artificial de panells metàl·lics



Figura 15. Coberta natural mineral feta amb graves

5.2. LES COBERTES VERDES

Si bé el disseny dels edificis ha evolucionat amb el pas del temps, la seva funció segueix sent pràcticament la mateixa: protecció, comoditat, calor a l'hivern i fresc a l'estiu. No obstant això, en els últims anys, l'impacte mediambiental dels edificis i les solucions a força de cobertes verdes són cada vegada més importants.

Les cobertes verdes van més enllà del concepte d'arquitectura contemporània i donen un nou valor al paper que exerceixen els edificis dins de la planificació urbana. Estan dissenyades no només per tornar a introduir l'element natural en l'entorn urbà, sinó també per donar solucions a qüestions importants, com ara la gestió de les aigües pluvials i l'efecte de l'illa de calor urbana.



Figura 16. Exemple de coberta verda en una casa

5.3. TIPUS DE COBERTES VERDES I ESTRUCTURA

5.3.1. ESTRUCTURA BÀSICA

A la següent figura es pot observar els components bàsics de una coberta verda:

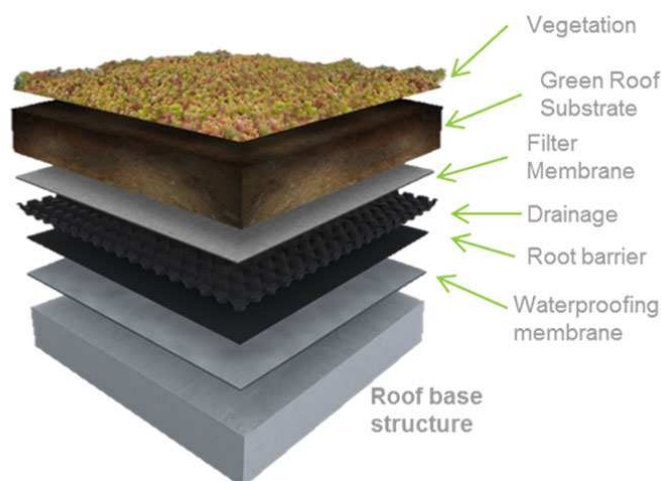


Figura 17. Estructura bàsica per a instal·lar cobertes verdes en edificis de menys a més superficial: estructura de la coberta de l'edifici, membrana impermeable, capa barrera per a les arrels, drenatge, membrana que fa de filtre, substrat i la planta o vegetació.

A part d'afegir l'estructura anterior, depenent del lloc i les condicions ambientals on es situï, a la coberta es fica un tipus de reg, s'adapta la instal·lació i es fica un tipus o altre de cobertes, ja siguin extensives, semi-extensives.

5.3.2. EXTENSIVES

Les **cobertes extensives** tenen sòls poc profunds (normalment de 7 a 10 cm). Suporten *Sedum sp.*, molsa, aromàtiques i gespa i qualsevol altra vegetació que necessiti poc o cap manteniment. Aquest tipus de coberta verda és la més lleugera. Les cobertes verdes extensives serveixen de protecció per a la membrana impermeable i optimitzen l'aprofitament de l'aigua. La coberta verda s'hauria de revisar una o dues vegades l'any. Per garantir el resultat i un creixement adequat cal abonar-la i instal·lar un sistema de reg.

5.3.3. SEMI-EXTENSIVES

La **plantació semi-extensiva** es compon d'alguns suculents de les famílies del tipus extensiu, barrejat amb arbustos petits i plantes aromàtiques. Mentre que a la coberta extensiva la composició de les plantes i el seu creixement segueix el seu

propi procés natural, la coberta semi-extensiva permet formar la plantació a gust del client.

Els gruixos de la terra vegetal varia en general entre 15 i 30 cm i es preveu elements de major retenció d'aigua. En general es recomana un manteniment mínim per assegurar una persistència òptica d'acord al desig del client i mantenir un funcionament persistent del reg, dels desguassos i de la capa vegetal i de les seves plantes.

Les càrregues sobre el forjat van en funció dels gruixos de la terra vegetal i necessiten ser considerats en calcular el pes admès per la coberta. Es recomana instal·lar un reg per degoteig per a proveir la terra vegetal de la humificació necessària i d'aquesta manera garantir un desenvolupament persistent de les plantes.



Figura 18a: Exemple de coberta verda extensiva



Figura 18b: Exemple de coberta verda semi-extensiva

5.3.4. INTENSIVES

Les **cobertes intensives** tenen una capa de sòl més profunda (major / igual 15 cm) i permeten conrear una major varietat de plantes, des de gespa fins arbustos ornamentals i arbres de creixement mitjà. El tipus de plantació de determinar la profunditat del sòl necessària, el grau d'intensitat de reg i el nivell de manteniment. Normalment cal accedir a aquest tipus de coberta verda amb regularitat, per tant, en el disseny s'incorporen zones pavimentades, murs i fins i tot instal·lacions d'aigua.



Figura 19. Exemples de cobertes verdes intensives

5.3.5. TIPUS DE COBERTES VERDES PER L'EMPRESA "ZinCo"

- *Sedum sp.* entapissat: la protecció ecològica comprovada

La coberta ecològica tipus "*Sedum sp.* entapissat" és un enjardinament extensiu de cobriment de superfície. S'usa aquest tipus de coberta especialment allà on, a més de poc pes, es requereixen també baixos costos de manteniment. Les espècies de *Sedum sp.* comprovades, en combinació amb l'estructura correcta del sistema, proporcionen un enjardinament durador de poc manteniment, inclús amb grans diferències en temperatures.

Les diferents espècies de *Sedum sp.* tenen la seva floració principal a l'estiu d'hora, predominant els colors florals groc i vermell o blanc. La resta de les estacions, la coberta "*Sedum sp.* entapissat" es presenta en els diferents matisos verds de les espècies de *Sedum sp.*, que es combinen també amb les coloracions vermelles de les fulles, especialment a la tardor. També hi ha altres tipus de colors del *Sedum sp.* com el verd.

La coberta ecològica tipus "*Sedum sp.* entapissat" es realitza o bé per la sembra de brots o amb plantes de pams de terra petits.



Figura 20. Exemple de coberta de *Sedum sp.* Entapissant (font: ZinCo)

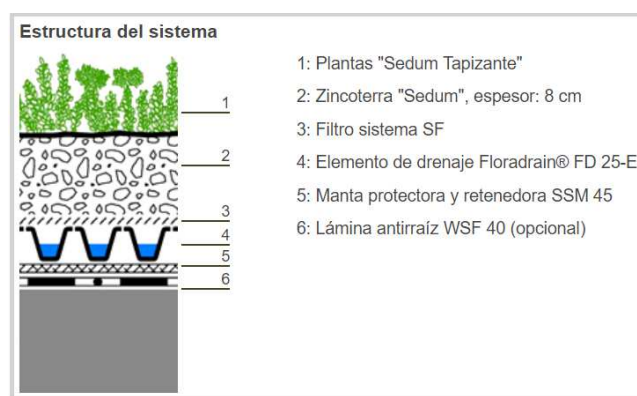


Figura 21. Estructura del sistema de la coberta *Sedum sp.* Entapissant amb els elements específics creats i utilitzats per l'empresa ZinCo

- **"Entapissat floral": el sistema amb gran varietat d'espècies per a creacions ornamentals**

Amb aquest sistema es pot realitzar un enjardinament extensiu amb caràcter individual i exigent des del punt de vista de la creació. Les espècies de *Sedum sp.* i altres plantes vivaces serveixen com a subplantació i, d'aquesta manera, en primer lloc, per cobriment de la superfície.

Les plantes vivaces del sistema tipus "entapissat floral" com, per exemple les clavellines dels cartoixans d'una alçada fins a 40 cm que aguanten les sequeres creen accents florals des de la primavera fins a la tardor. Amb una gran varietat d'espècies s'aconsegueix una llarga durada de la floració. L'espectre de colors és molt més variat en comparació del sistema tipus "*Sedum sp.* entapissant".



Figura 22. Tipus d'entapissat floral

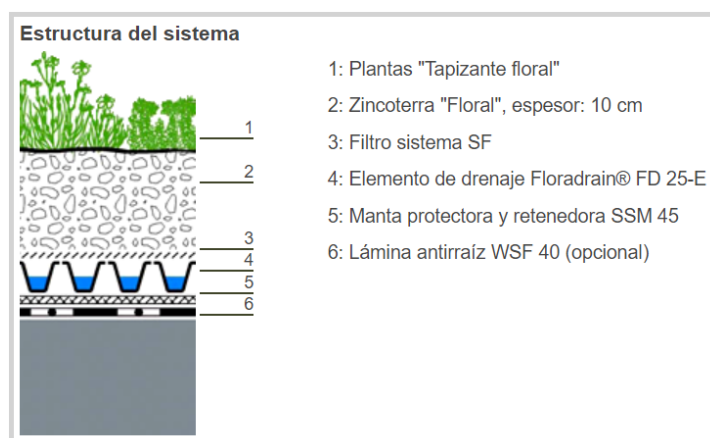


Figura 23. Estructura del sistema de la coberta entapissat floral amb els elements específics creats i utilitzats per l'empresa ZinCo

- La coberta enjardinada inclinada fins a 20 °

Generalment es realitzen enjardinaments extensius en cobertes planes, però poden usar-se de la mateixa manera en cobertes inclinades. No obstant això, a partir d'una inclinació de 10 °, l'estructura de les capes s'ha d'adaptar a les condicions alterades. Amb aquesta finalitat es fan servir elements que suporten les forces d'empenta, més una manta amb major retenció d'aigua, i un teixit de jute que protegeix contra l'erosió.



Figura 24. Exemple de coberta enjardinada inclinada

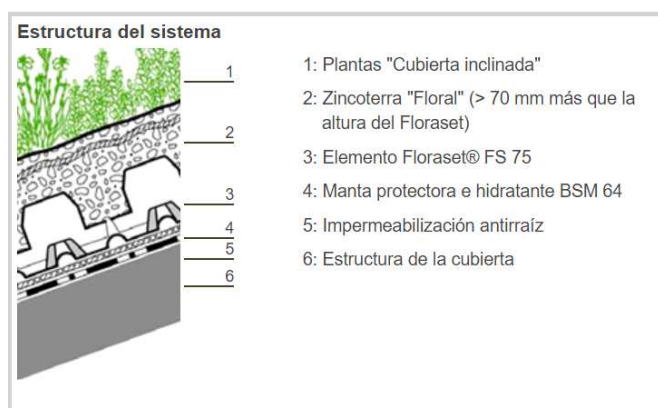


Figura 25. Estructura del sistema de la coberta enjardinada inclinada amb els elements específics creats i utilitzats per l'empresa ZinCo

- **La coberta enjardinada inclinada fins a 35 °**

Amb els elements del sistema ZinCo Georaster® creats per l'empresa és possible l'enjardinament de cobertes amb un pendent superior a 25 °. Aquests elements específics s'enclaven fàcilment sense eines. Amb això s'aconsegueix immediatament una adherència ferm en tota la superfície. Una superfície revestida amb els elements modulars pot transitar amb seguretat i omplir-se amb la terra vegetal del programa. Gràcies al reduït volum propi dels elements Georaster®, queda un espai relativament ampli on les plantes poden arrelar. També amb aquest sistema s'ha de procurar que les forces d'empenta que es produeixen estiguin desviades i absorbides per forts petos i, en casos puntuals, per barreres addicionals.



Figura 26. Exemple de coberta inclinada fins a 35 °



Figura 27. Elements ZinCo Georaster® específics per la coberta inclinada fins a 35°



Figura 28. Elements ZinCo Georaster® amb substrat

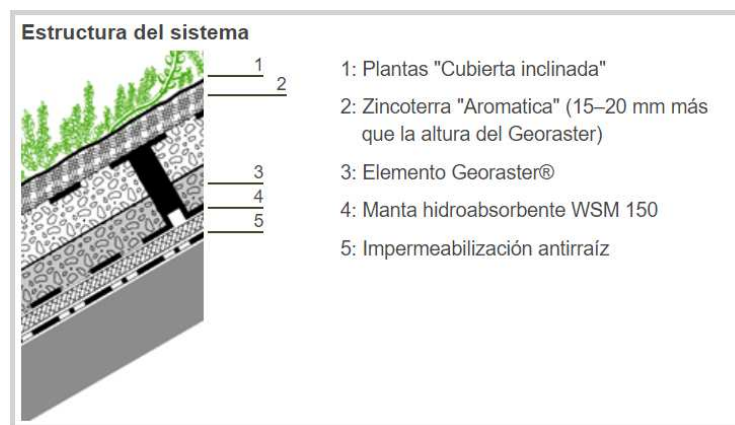


Figura 29. Estructura del sistema de la coberta inclinada fins a 35° amb els elements específics creats i utilitzats per l'empresa ZinCo

- **Base tècnica per a l'enjardinament de cobertes ovalades i bovejades**

Les cobertes ovalades i amb voltes representen una cosa extraordinària en el disseny de l'edifici i requereixen una sèrie d'atencions tècniques molt especials perquè resultin duradores i compleixin amb els requisits necessaris.

A part d'una sòlida estructura que admeti les càrregues del substrat, cal prestar especial atenció a l'adequada construcció dels petos en les dues vessants i que el desguàs de les aigües pluvials sigui suficient i estigui molt ben calculat. Els pendents de les cobertes ovalades poden variar des de 0 ° fins a inclinacions molt pronunciades, de manera que són diversos els elements de retenció i de drenatge que s'apliquen, segons les necessitats.

Tot i que el tipus de plantació seran majoritàriament plantes suculentes d'escassa alçada, hi ha cobertes amb voltes amb plantes aromàtiques, gespa i fins i tot cobertes aptes per al trànsit de vianants. En aquest últim cas cal preveure sistemes adequats de seguretat i fins i tot baranes.

Es recomana que el reg sigui pel sistema de degoteig. Els sistemes de drenatge i de retenció d'aigua afavoreixen una economia considerable del consum d'aigua i garanteixen d'aquesta manera un balanç hídric equilibrat. Cal parar atenció a l'adequada elecció del sistema, ja que no tots els elements són aptes per a aquest tipus de cobertes i pot ser necessari utilitzar en una mateixa coberta diferents models.



Figura 30. Exemple de coberta ovalada

- La coberta plana amb pendent 0 ° - coberta aljub

El codi de la construcció prescriu, en general, que una coberta plana ha de tenir un pendent de > 2%. No obstant això, admet una excepció, si la impermeabilització bituminosa disposi d'una doble capa o les làmines de la impermeabilització sintètica tinguin un gruix mínim de > 1,2 mm.

La coberta aljub reté aigua, a més de les aigües pluvials i de reg, retinguts en els glaçons dels elements del sistema. Els aigües retingudes i emmagatzemades sobre la coberta representen una reserva de reg natural per capil·laritat i per difusió valuosa per a la humidificació del substrat i, per tant, de les plantes.

La coberta aljub, en combinació amb el sistema ZinCo de la reutilització d'aigües pluvials, representa una solució ecològica perfecta per a una edificació amb pretensió de sostenibilitat.

Queda únicament per advertir que, una coberta plana sense pendent i si no està prevista per a la construcció pel sistema aljub, precisa elements de retenció i de drenatge prou altes per distanciar l'aigua que es reté p.e. en tolls sobre la coberta, del substrat. D'una altra forma, si el substrat romanguí constantment dins dels bassals d'aigua, deteriora i produirà la pèrdua de les plantes en aquesta zona.

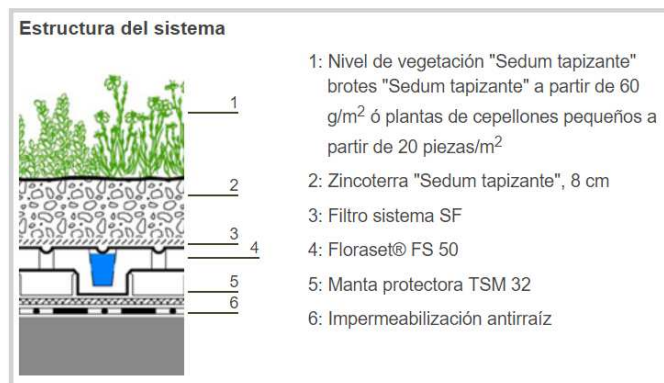


Figura 31. Estructura del sistema de la coberta aljub amb els elements específics creats i utilitzats per l'empresa ZinCo

- **Sistema "Coberta verda extensiva amb reg integrat" - el sistema de coberta verda biodiversa per a climes amb llargs períodes de sequera**

En climes secs i càlids, com el clima mediterrani, totes les cobertes verdes necessiten d'un sistema de reg incorporat, fins i tot les cobertes extensives amb *Sedum sp.* No obstant això no convé oblidar que l'objectiu de la coberta verda extensiva és la seva naturalització i la seva independència, en la mesura del possible, de la intervenció humana. El reg es farà servir per assegurar una correcta implantació de la vegetació en les etapes inicials, reduint-se paulatinament a mesura que la vegetació s'aclimati, fins al seu ús puntual, en cas de sequera prolongada.

El sistema "Coberta verda extensiva amb reg integrat" permet obtenir un enjardinament sostenible i durador amb una solució de coberta vegetal econòmica i ideal per a cobertes verdes amb gran diversitat d'espècies vegetals en regions amb precipitacions escasses.

Igual que en l'estructura del sistema "Coberta verda per a climatització urbana", el reg es realitza a la capa inferior del substrat, de manera que l'aigua es troba disponible per a l'arrel de la vegetació. No obstant això, a diferència del sistema "Coberta verda per a climatització urbana" només es subministra la quantitat d'aigua necessària per al correcte creixement de la vegetació de la coberta verda.

En comparació amb el sistema de reg per degoteig tradicional, el nou sistema optimitza la distribució d'aigua. És un gran avantatge ja que es requereixen menor nombre de canonades de reg i menor nombre de goteres en aquestes canonades. Això implica un significatiu estalvi econòmic en la instal·lació i en el consum d'aigua.

Gràcies al menor gruix del substrat, la càrrega estructural que suporta el forjat de la coberta és també menor, generant una solució de coberta verda més lleugera. A més permet ampliar el ventall de comunitats vegetals a plantar a la coberta.



Figura 32. Coberta verda extensiva amb reg integrat

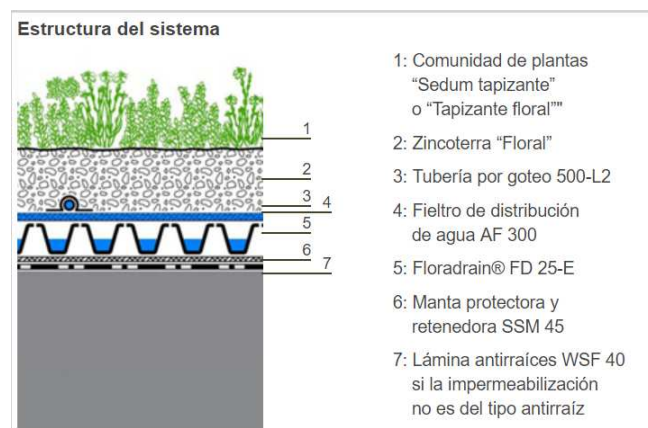


Figura 33. Estructura del sistema de la coberta extensiva amb reg integrat, amb els elements específics creats i utilitzats per l'empresa ZinCo

- La coberta verda biodiversa crea nous hàbitats per a flora i fauna

Allà on la natura ha estat destruïda per obres de construcció o el sòl natural ha estat segellat, les cobertes verdes poden esdevenir una alternativa vàlida per compensar

la pèrdua de superfícies verdes i crear hàbitats de substitució per flora i fauna. Especialment les cobertes verdes naturals, amb poc manteniment es converteixen en refugis per espècies animals i vegetals; en elles troben aliment i refugi abelles silvestres, papallones i escarabats de terra. No obstant això, l'èxit de la coberta amb biodiversitat depèn en bona mesura de com estiguin conformatos els hàbitats que se'ls ofereix.

Amb petits ajustos de disseny es pot potenciar l'ús de la coberta extensiva com a biòtop:

- Variacions dels gruixos del substrat: Ajustant el gruix del substrat s'obtenen diferents hàbitats aptes per a una major diversitat de comunitats vegetals.
- Sorrells, dunes i bancals: Les zones sense vegetació enriqueixen el biòtop de la coberta ja que són utilitzades pels petits invertebrats com refugis, viviers o per escalfar-se al sol.
- Superfícies temporals d'aigua: La creació de petits cursos temporals d'aigua amb bordures, recreant rierols naturals que retenen part de l'aigua de pluja, permet posar-la a disposició d'insectes i ocells per beure.
- Selecció vegetal autòctona: En aquelles zones on és factible acumular majors gruixos de substrat (creant petites dunes) es poden plantar vegetació autòctona per a una millor adaptació a l'entorn de la fauna local.
- Fomentar la nidació: Amb l'ús de materials de nidació a la coberta, es fomenta la colonització d'insectes.
- Incorporació de fusta seca: Les restes de branques i troncs secs representen un element estructural especialment valuós ja que molles, líquens, fongs, escarabats, mosques, mosquits, formigues i abelles silvestres ... el fan servir com a refugi o hàbitat.



Figura 34. Exemple de coberta verda biodiversa

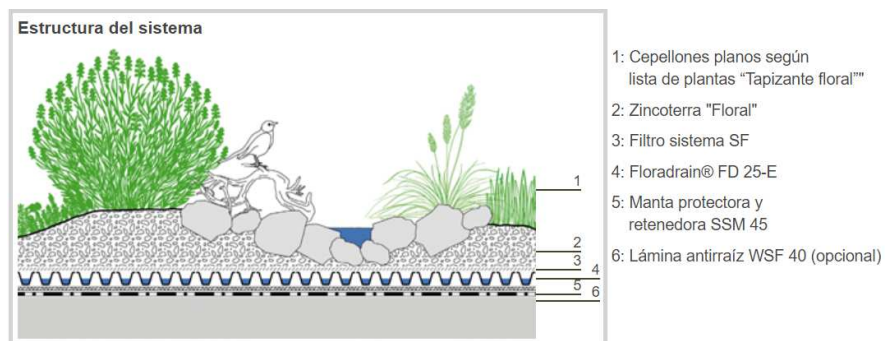


Figura 35. Estructura del sistema de la coberta amb els elements específics creats i utilitzats per l'empresa ZinCo

Després d'aquesta introducció teòrica, es passarà a exposar la part pràctica del treball de recerca.

6. ESTUDI DELS BENEFICIS DE LES COBERTES VERDES. ESTALVI D'ENERGIA EN EDIFICIS I RETENCIÓ DE L'AIGUA D'ESCORRENTIA

6.1. INTRODUCCIÓ

El **marc pràctic** ha consistit en que, de manera econòmica i a petita escala, **demostrar els beneficis de les cobertes verdes per als edificis sostenibles**. Amb aquest objectiu, s'ha dissenyat un experiment en el qual es compara el comportament de les cobertes planes tradicionals acabades amb grava amb dues solucions diferents de coberta verda extensiva, una que utilitza plantes de tipus *Sedum sp.*, i una altra que utilitza plantes de tipus herbaci. S'ha agafat tres safates: una amb grava, l'altra amb plantes de *Sedum sp.*, i per últim plantes típiques dels prats, una mescla de diferents tipus, anomenada així durant l'experimentació tipus Prat. Posteriorment, s'ha dotat a les safates dels sensors adients per a poder estudiar el comportament tèrmic i hídric de les diferents solucions testejades.

El marc pràctic ha estat dividit en 4 apartats: la preparació i cura de l'experimentació, la programació i el muntatge dels sensors, experiment 1: la mesura i anàlisi de temperatures i humitats, i l'experiment 2: la mesura de capacitat de retenció d'aigua de les plantes. Per cada procés s'han dut diverses proves (per obtenir informació de tots els assajos i processos anar al apartat annexos).

En concret, el **primer experiment** dut a terme ha consistit en la mesura i obtenció de dades de la **humitat relativa ambiental**, la **temperatura ambiental**, la **humitat de la terra en les plantes** i la **temperatura en les plantes** i la **grava**. La **segona experimentació** ha estat la mesura i obtenció de resultats quan provocàvem l'efecte pluja sobre les safates i trobar quina d'aquestes és la més beneficiosa i/o adequada.

6.2. MATERIALS I METODOLOGIA

6.2.1. PREPARACIÓ I SEGUIMENT DE L'EVOLUCIÓ DE LES SAFATES

Material utilitzat:

- 3 safates 80 x 60 x 18 cm
- Capa de drenatge
- Substrat
- Plantes de tipus *Sedum sp.*
- Plantes de tipus Prat
- Pala per agafar el substrat i dipositar-lo a la capsa
- Tisores
- Grava (2 cm aprox.)



Figura 36. Tipus *Sedum sp.*: combina una gran varietat de plantes de la família Crassulaceae



Figura 37. Tipus Prat: combina diferents tipus de flors i plantes per a que, depenent de l'època, floreixin o creixin unes o altres

La preparació de les safates s'ha dut a terme al
 Universitat de Lleida, amb l'ajut del tutor d'Itinera de TDR,
 i també . Més tard van estar transportades al jardí de casa on
 han estat des del 21-05-19 fins actualment 8-12-19.



Figura 38. Depositant el substrat a la safata, damunt del drenatge.



Figura 39. , professor de la de Lleida, fent l'explicació de com tenen el mateix sistema muntat per a la seva experimentació, però amb estructures més grans, d'1m².



Figura 40. Visita a l'Arborètum de Lleida per a agafar la planta de *Sedum* i la safata ja feta del Tipus Prat. També s'observa els diferents tipus de *Sedum*



Figura 41. Muntatge a casa de la safata Tipus *Sedum*. Es veu com ha estat inicialment.

A les figures 42-46 es pot observar l'evolució del estat vegetatiu de les plantes durant l'etapa d'estiu fins el començament de la tardor.



Figura 42 . Una setmana després del muntatge.



Figura 43. Primera setmana d'agost



Figura 44. Planta Tipus *Sedum sp.* a principis de setembre



Figura 45. Planta Tipus Prat a principis de setembre



Figura 46. Els tres tipus de cobertes a principis d'octubre

Abans del primer experiment s'ha hagut de programar un Arduino i sensors d'humitat i temperatura per poder mesurar i enregistrar totes les dades.


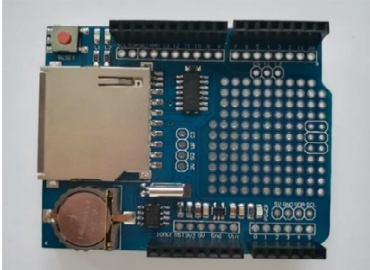


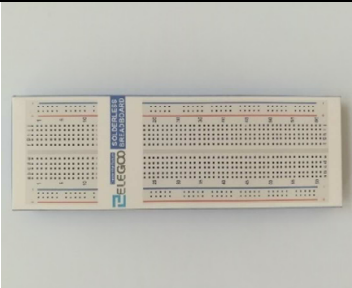


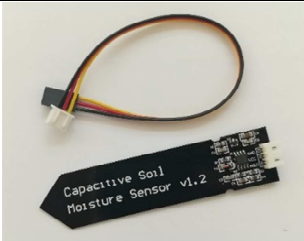
6.2.2. PROGRAMACIÓ AMB ARDUINO DE SENSORS PER A LA RECOLLIDA DE DADES: TEMPERATURES I HUMITATS

Arduino és una plataforma de creació d'electrònica de codi obert, la qual està basada en hardware i software lliure, flexible i fàcil d'utilitzar per als creadors i desenvolupadors. Aquesta plataforma permet crear diferents tipus de microordinadors d'una sola placa als quals la comunitat de creadors pot donar-los

diferents tipus d'ús, com en aquest cas la programació de sensors, d'un led i d'un DataLogger.

6.2.2.1. MATERIAL TÈCNIC: HARWARE ESPECÍFIC PER A LA PROGRAMACIÓ DEL SOFTWARE

A la figura 47 es mostra tot el material utilitzat per muntar el sistema de mesura i registre de la humitat i temperatura.

| | |
|--|---|
|  <p>Arduino UNO R3</p> |  <p>Data Logger</p> |
|  <p>Cable Port USB</p> |  <p>Cables dupont: sense pins, femella i mascle</p> |
|  <p>. Protoboard</p> |  <p>PCS Dupont Femella/Masclle Pin Connectors</p> |
|  <p>Tarjeta MicroSD</p> |  <p>Sensor Capacitiu d'Humitat: higròmetre</p> |

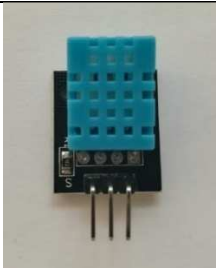


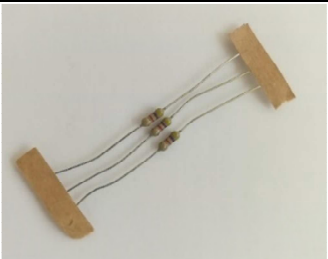


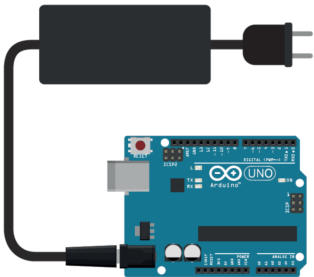


| | |
|--|--|
|  <p>Sensor DHT11</p> |  <p>Sensor de Temperatura: DS18B20</p> |
|  <p>Cable de TV</p> |  <p>Resistències de 4,7kΩ i 220Ω</p> |
|  <p>Bateria de 9V</p> |  <p>Led</p> |
|  <p>Cable adaptador per la connexió a la font elèctrica</p> | |
|  <p>Capsa de porexpan per a col·locar a dins tot el sistema</p> |  <p>Grampadora</p> |

Figura 47. Material necessari per a muntar el sistema de mesura i registre de les dades de humitat i temperatura

6.2.2.2. CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DELS SENSORS UTILITZATS

DHT11 amb PCB

Els pins del sensor són:

- GND: connexió amb terra. Cablejat negre
- DATA: transmissió de dades. Cablejat marró
- VCC: alimentació. Cablejat vermell

Taula 1. Característiques tècniques del dht11

| MODEL | DHT11 (amb PCB) |
|---------------------|------------------------------|
| Alimentació | De 3,5V a 5V |
| Consum | 2,5 mA |
| Senyal de sortida | Digital |
| Resistència pull-up | 5 k Ω |
| TEMPERATURA | |
| Rang | De 0 °C a 50 °C |
| Precisió | a 25 °C \pm 2°C |
| Resolució | 1 °C (8-bit) |
| HUMITAT | |
| Rang | de 20% RH a 90% RH |
| Precisió | entre 0°C y 50°C \pm 5% RH |
| Resolució | 1% RH |

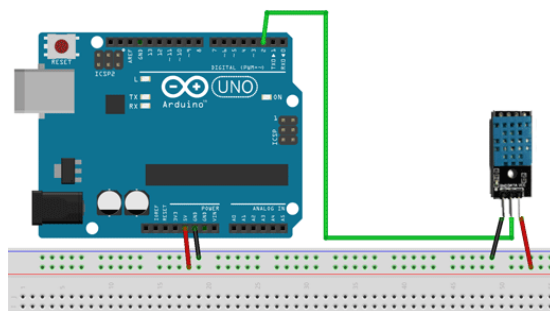


Figura 48. Connexió sensor DHT11 amb placa protoboard i arduino.

Taula 2. Característiques tècniques sensor humitat

| MODEL | DollaTek Sensor d'Humitat Capacitiu |
|---------------------|-------------------------------------|
| Alimentació | De 3,3V a 5,5V |
| Consum | 5mA |
| Senyal de sortida | Analògica |
| Resistència pull-up | 5 kΩ |
| Interface: | PH2.54-3P |

ELS PINS DEL SENSOR SÓN:

| Sensor planta tipus <i>Sedum sp.</i> | Sensor planta tipus Prat |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• GND: negre• DATA: groc• VDD: vermell | <ul style="list-style-type: none">• GND: marró• DATA: blanc• VDD: taronja |

SENSOR DE TEMPERATURA: DS18B20

Taula 3. Característiques tècniques ds18b20

| MODEL | DHT11 (amb PCB) |
|---------------------------------|--|
| Alimentació | De 3V a 5,5V |
| Senyal de sortida | Digital, connectat al pin 9 |
| Rang de temperatures | De -55 °C a 125 °C |
| Error (-10 °C a 85 °C) | ± 0,5°C |
| Error (-55 °C a 125 °C) | ± 2°C |
| Resolució programable | 9-bit, 10-bit, 11-bit o 12-bit (default) |
| Incorpora una memòria de 64-bit | (equivalent a 8 bytes) |

| Resistència Pull-up | Distància del cable(m) |
|---------------------|------------------------|
| 4,7 kΩ | De 0m a 5m |
| 3,3 kΩ | De 5m a 10m |
| 2,2 kΩ | De 10m a 20m |
| 1,2 kΩ | De 20m a 50m |

S'ha utilitzat la residència de 4,7 k Ω perquè el cable del sensor és d'1 metre.

Taula 4. Tots els tipus de connexions de ds18b20

| SENSOR TIPUS 1 (aquest és el que hi ha) | SENSOR TIPUS 2 | SENSOR TIPUS 3 | PIN DS18B20 |
|--|----------------|----------------|-------------|
| Negre | Verd | Groc | GND |
| Vermell | Vermell | Vermell | VDD |
| Groc | Groc | Verd | DQ |

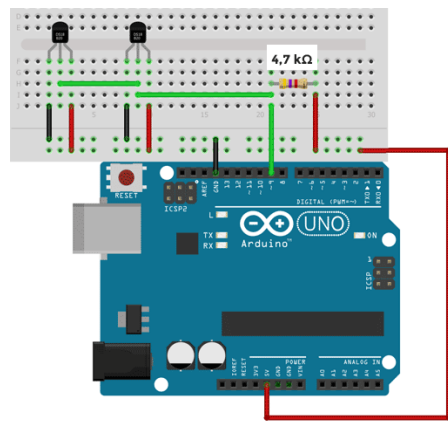


Figura 49. S'ha aplicat el mateix sistema de connexions, però afegint un tercer sensor DS18B20

LED I CONNEXIÓ LED AMB PLACA ARDUINO

El led s'ha utilitzat per fer una llum cada vegada que es guardaven dades a la SD, per veure si tot funcionava correctament.

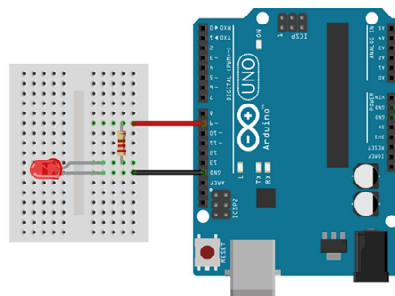


Figura 50. Connexió led-protoboard-placa arduino

CONNEXIONS ARDUINO-PROTOBOARD-SENSORS

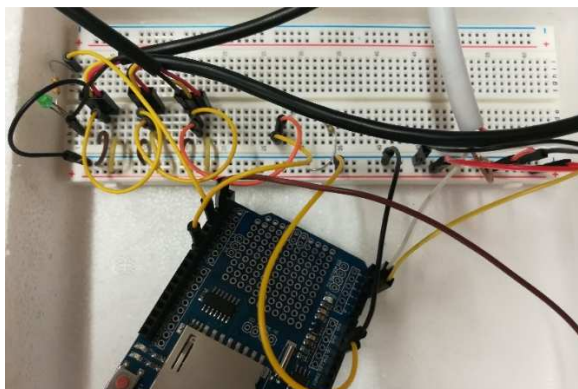


Figura 51. D'esquerra a dreta a la placa protoboard: led, sensor temperatura (DS18B20) grava, sensor temperatura planta tipus *Sedum sp...*, sensor temperatura planta tipus prat, sensor humitat (higròmetre) planta tipus *Sedum sp...*, sensor humitat planta tipus prat, sensor temperatura i humitat ambiental (DHT11).

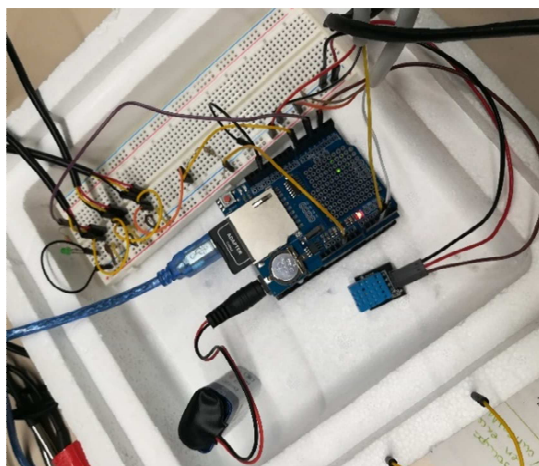


Figura 52. Arduino encès i connectat a l'ordinador mitjançant cable Puerto USB perquè s'està pujant el programa del portàtil a placa Arduino. També veiem la bateria connectada.

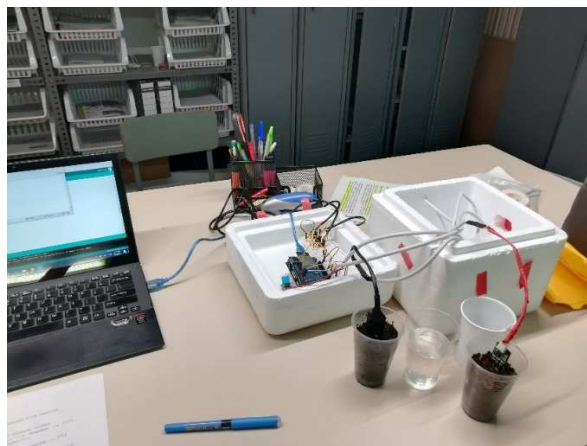


Figura 53. Calibratge dels sensors d'humitat amb gots de terra humida, seca i amb aigua



Figura 54. Arduino connectat a la font elèctrica del jardí



Figura 55. Sortida dels cables d'1m des de els sensors fins a l'Arduino

6.2.2.3. PROGRAMA FINAL PER A LA RECOLLIDA DE DADES

sketch_moduloSD_FINAL Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```
sketch_moduloSD_FINAL

#include <SD.h>
#include <SPI.h>
#include <DHT.h>

#include <RTCLib.h>
#include <Wire.h>
RTC_DS1307 rtc;
//DS1307 rtc;

char daysOfTheWeek[7][12] = {"Sunday", "Monday", "Tuesday", "Wednesday", "Thursday", "Friday", "Saturday"};
#define DHTPIN 2 // Definimos el pin digital donde se conecta el sensor
#define DHTTYPE DHT11 // Dependiendo del tipo de sensor
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Inicializamos el sensor DHT11

File logFile; //El datalogger rtc fa anar el pin 8 per defecte la majoria de cops (revisar)

#include <OneWire.h> //Libreria temperatura
#include <DallasTemperature.h> //Libreria temperatura
const int pinDatosDQ = 7; // Pin donde se conecta el bus 1-Wire
// Instancia a las clases OneWire y DallasTemperature
OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ);
DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);

//Libreria Humedad, NO HAY

const int chipSelect = 10; //PIN CONTROL SD
float valHumitt1 = 600.0;
float valHumitt2 = 200.0;
int dht11 = 3;
int ledSD = 4;

unsigned long previousMillis = 0;

void setup()
{
    // Inicializamos comunicación serie
    Serial.begin(9600);

    Wire.begin();
    rtc.begin();
    rtc.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
    //comenzamos tarjeta SD

    if (!rtc.isrunning()) {
        Serial.println("RTC is NOT running!");
        return;

        Serial.println("RTC is running!");
    }
    // following line sets the RTC to the date & time this sketch was compiled

    // Comenzamos el sensor DHT
    dht.begin();
    // Iniciamos el bus 1-Wire
    sensorDS18B20.begin();
    pinMode(pinDatosDQ, INPUT);
    pinMode(valHumitt1, INPUT);
    pinMode(valHumitt2, INPUT);
    pinMode(dht11, INPUT);
    pinMode(chipSelect, OUTPUT); //configuramos como salida el pin chipselect
    pinMode(ledSD, OUTPUT);
```

```

Serial.println(F("Iniciando SD ..."));
boolean resultat = SD.begin(chipSelect);
if (resultat==false)
{
    Serial.println(F("Error al iniciar"));
    delay(3000);
    //return;
}
Serial.println(F("Iniciado correctamente"));

void loop()
{

    // Leemos la humedad relativa
    float h = dht.readHumidity();
    // Leemos la temperatura en grados centígrados (por defecto)
    float t = dht.readTemperature();

    // Comprobamos si ha habido algún error en la lectura
    if (isnan(h) || isnan(t)) {
        Serial.println("Error obteniendo los datos del sensor DHT11");
        return;
    }

    Serial.print("Humedad: ");
    Serial.print(h);
    Serial.print(" % ");
    Serial.print("Temperatura: ");
    Serial.print(t);
    Serial.println(" *C ");

    //temperatura
    // Mandamos comandos para toma de temperatura a los sensores
    sensorDS18B20.requestTemperatures();

    // Leemos y mostramos los datos de los sensores DS18B20
    Serial.print("TempS0: ");
    Serial.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(0));
    Serial.println(" C");
    Serial.print("TempS1: ");
    Serial.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(1));
    Serial.println(" C");
    Serial.print("TempS2: ");
    Serial.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(2));
    Serial.println(" C");

    //humitat
    float valMin = 600.0;
    float valMax = 200.0;
    float percent;
    float percent2;

    float valHumitT1 = analogRead(A2);
    float valHumitT2 = analogRead(A3);
    Serial.println("HumitatTipus1"); //print the value to serial port
    percent = ((valMin - valHumitT1)*100.0) / (valMin - valMax);
    Serial.print(percent);
    Serial.println(" %");
    Serial.println("HumitatTipus2"); //print the value to serial port

    percent2 = ((valMin - valHumitT2)*100.0) / (valMin - valMax);
    Serial.print(percent2);
    Serial.println(" %");
}

```

```

Serial.println("Formar texto a guardar...");
String dataString = ""; //Vacía el string para evitar problemas

delay(5000);
Serial.println("Guardar en SD...");
// Abrir archivo y escribir valor
logFile = SD.open("agua.csv", FILE_WRITE);

if (logFile) {
    digitalWrite(ledSD, HIGH);
    logFile.print(data_actual());
    logFile.print(", ");
    logFile.print(h);
    logFile.print(", ");
    logFile.print(t);
    logFile.print(", ");
    logFile.print(percent);
    logFile.print(", ");

    logFile.print(percent2);
    logFile.print(", ");
    logFile.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(0));
    logFile.print(", ");
    logFile.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(1));
    logFile.print(", ");
    logFile.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(2));
    logFile.println("");
    logFile.close();
    digitalWrite(ledSD, LOW);

    Serial.println(data_actual());
}
else {
    Serial.println("Error al abrir el archivo");
}

Serial.println("Delay...");
delay(3000);
unsigned long currentMillis = millis();
while (currentMillis - previousMillis < 60000) {
    //120000 2min
    //300000 5min
    //5000 5s
    currentMillis = millis();
}
previousMillis = millis();
}

String data_actual()
{
    DateTime now = rtc.now();
    String f="";
    f = f+now.year()+"-"+now.month()+"-"+now.day()+ " ' ' "+now.hour()+":"+now.minute()+":"+now.second();
    return f;
}

```

MÉS INFORMACIÓ:

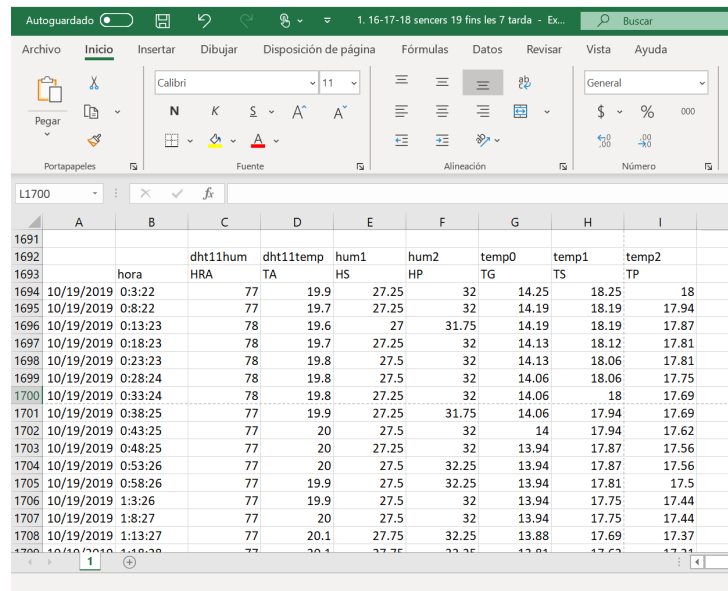
- Per veure procés i aprenentatge de programació sensors, led i data logger anar a Annex 1
- Per veure programa sensors, led i data logger anar a Annex 2

6.2.3. EXPERIMENT 1. ESTALVI D'ENERGIA EN EDIFICIS:

RECOLLIDA DE DADES D'HUMITATS I TEMPERATURES

Aquest experiment ha consistit en la recollida de dades durant una setmana, del 12 al 19 d'octubre. En total s'han fet 7 proves d'enregistrament de temperatures i humitats, depenent del dia fins i tot 24 hores seguides, per així observar com es comporten les plantes respecte la grava. En quan a temperatures i humitats, qui actua com aïllant tèrmic durant el dia i la nit, i quin tipus de cobertes seria el més adequat per a la millora del medi en l'edifici i ciutat.

Els dies i proves dutes a terme es poden veure a l'Annex 3.



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|------|--------------------|---|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| 1691 | | | dht11hum | dht11temp | hum1 | hum2 | temp0 | temp1 | temp2 | |
| 1692 | | | HRA | TA | HS | HP | TG | TS | TP | |
| 1693 | hora | | | | | | | | | |
| 1694 | 10/19/2019 0:3:22 | | 77 | 19.9 | 27.25 | 32 | 14.25 | 18.25 | 18 | |
| 1695 | 10/19/2019 0:8:22 | | 77 | 19.7 | 27.25 | 32 | 14.19 | 18.19 | 17.94 | |
| 1696 | 10/19/2019 0:13:23 | | 78 | 19.6 | 27 | 31.75 | 14.19 | 18.19 | 17.87 | |
| 1697 | 10/19/2019 0:18:23 | | 78 | 19.7 | 27.25 | 32 | 14.13 | 18.12 | 17.81 | |
| 1698 | 10/19/2019 0:23:23 | | 78 | 19.8 | 27.5 | 32 | 14.13 | 18.06 | 17.81 | |
| 1699 | 10/19/2019 0:28:24 | | 78 | 19.8 | 27.5 | 32 | 14.06 | 18.06 | 17.75 | |
| 1700 | 10/19/2019 0:33:24 | | 78 | 19.8 | 27.25 | 32 | 14.06 | 18 | 17.69 | |
| 1701 | 10/19/2019 0:38:25 | | 77 | 19.9 | 27.25 | 31.75 | 14.06 | 17.94 | 17.69 | |
| 1702 | 10/19/2019 0:43:25 | | 77 | 20 | 27.5 | 32 | 14 | 17.94 | 17.62 | |
| 1703 | 10/19/2019 0:48:25 | | 77 | 20 | 27.25 | 32 | 13.94 | 17.87 | 17.56 | |
| 1704 | 10/19/2019 0:53:26 | | 77 | 20 | 27.5 | 32.25 | 13.94 | 17.87 | 17.56 | |
| 1705 | 10/19/2019 0:58:26 | | 77 | 19.9 | 27.5 | 32.25 | 13.94 | 17.81 | 17.5 | |
| 1706 | 10/19/2019 1:3:26 | | 77 | 19.9 | 27.5 | 32 | 13.94 | 17.75 | 17.44 | |
| 1707 | 10/19/2019 1:8:27 | | 77 | 20 | 27.5 | 32 | 13.94 | 17.75 | 17.44 | |
| 1708 | 10/19/2019 1:13:27 | | 77 | 20.1 | 27.75 | 32.25 | 13.88 | 17.69 | 17.37 | |

Figura 56. Imatge de les dades obtingudes



Figura 57. Col·locació dels sensors en la posició correcta. S'observa la capsula que conté tot el sistema de mesura i enregistrament



Figura 58. S'observen els sensors disposats a un terç de la safata i clavats fins la profunditat permesa per no afectar la funcionalitat dels sensors

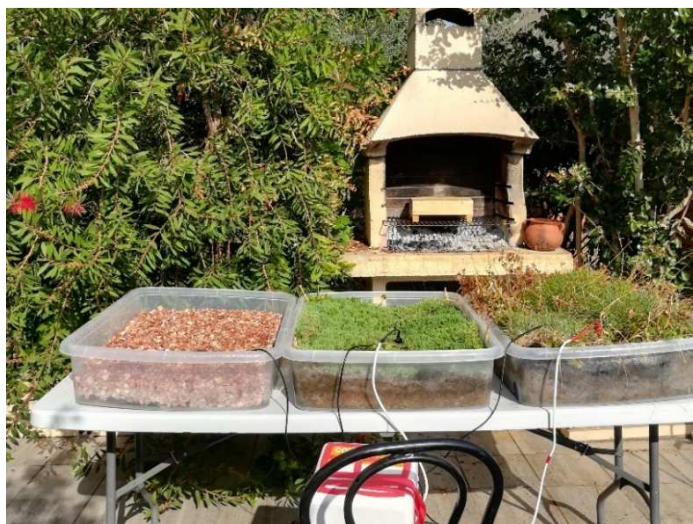


Figura 59. La disposició de les safates per a que tinguin una correcta incisió dels raigs solars al mateix temps.

6.2.4. EXPERIMENT 2. RETENCIÓ DE L'AIGUA D'ESCORRENTÍA: MESURA DE LA CAPACITAT DE RETENCIÓ DE L'AIGUA

Aquest experiment ha consistit en observar i mesurar quina de les tres cobertes és la més adequada per als edificis veient quina és la que retén més aigua en èpoques de pluges i així evitar les inundacions que puguin haver-hi en la ciutat, ja que el clavegueram no pot endur-se tota l'aigua residual dels edificis.

En concret, es van regar cadascuna de les tres safates amb 8L d'aigua, amb les mateixes condicions inicials. S'utilitzava una regadora, intentant fer l'efecte pluja. Mentrestant els sensors se van encendre per veure la variació de les temperatures i de les humitats una vegada aplicats els 8L.

S'han dut a terme tres proves de la mesura de capacitat de retenció de l'aigua. La primera d'elles ha sigut una posada a punt. La segona prova se va fer en estat de saturació d'aigua de les safates (tres dies després de ploure). La tercera prova es fa fer sense saturació d'aigua de les safates. Totes les dades recollides es troben al annex 4.

En les següents figures (60-65) es poden veure les imatges del procés:



Figura 60. Preparació dels sensors



Figura 61. Fent apunts abans de començar



Figura 62. Comprovació que la safata està recta amb l'anivellador



Figura 63. Correcta posició de la safata de grava mitjançant les falques taronges



Figura 64. Mesura de la quantitat d'aigua adequada per ficar a la regadora



Figura 65. Regant fent efecte pluja

6.3. RESULTATS I DISCUSSIONS

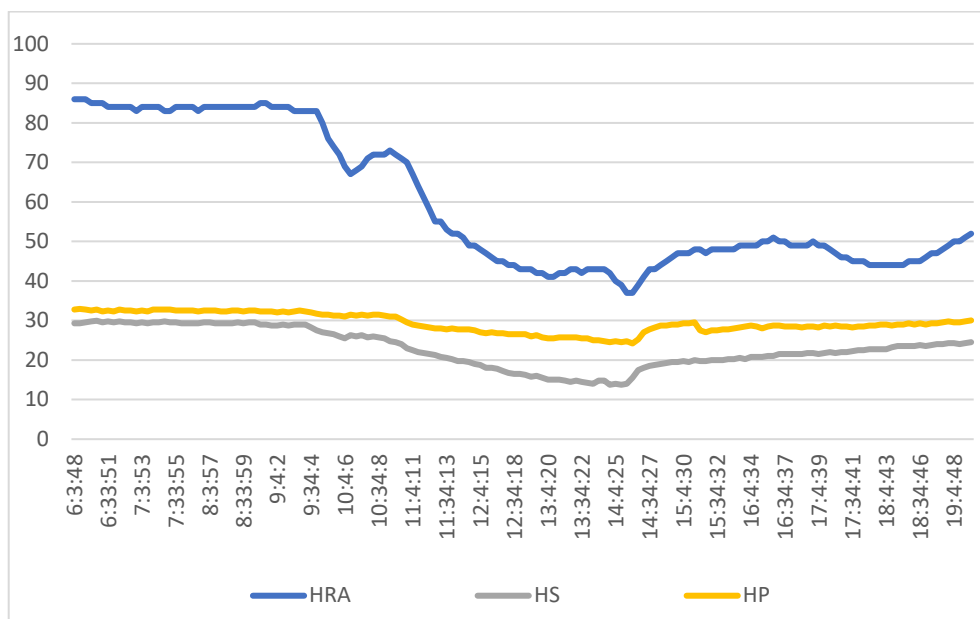
6.3.1 EXPERIMENT 1. ESTALVI D'ENERGIA EN EDIFICIS: EVOLUCIÓ DE LA HUMITAT I TEMPERATURA ALS TRES TIPUS DE COBERTES: GRAVA, *SEDUM* I PRAT.

La recollida de dades ideal hagués estat fer-ho durant l'estiu perquè així es podrien veure les grans diferències entre grava i plantes, i encara així, a la tardor també hem pogut demostrar l'eficiència i els beneficis de les plantes per a les cobertes verdes. Vegem els resultats obtinguts:

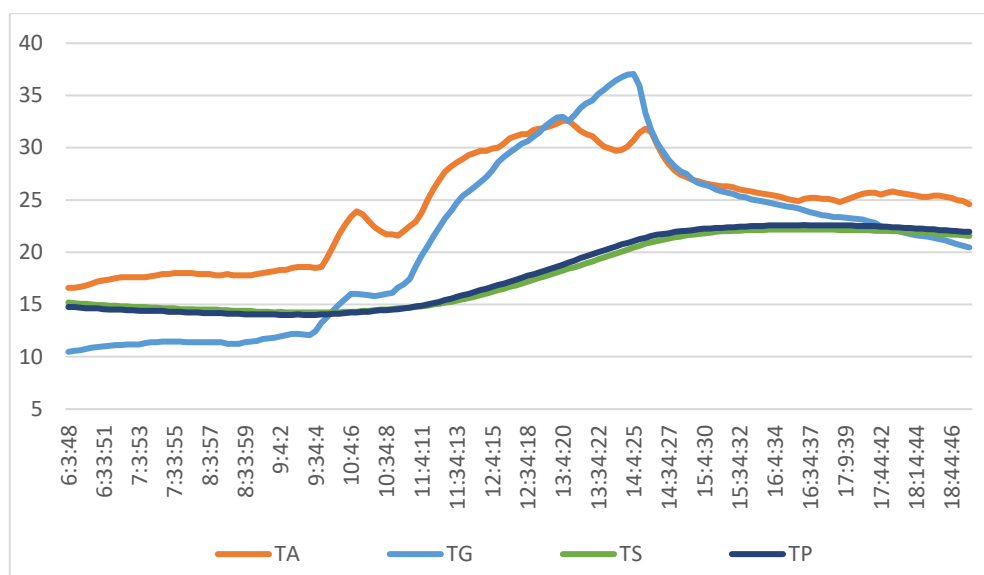
La primera de les proves que es va portar a terme va ser errònia, ja que ens vam adonar que els raigs del Sol no indicien de la mateixa manera a les tres safates: durant el matí li incidia més el Sol a la grava, per tant els resultats obtinguts eren incorrectes.

A continuació podem veure, com va ser la evolució de les humitats i temperatures en tres franges horàries diferents i als tres tipus de cobertes (gràfic 1 a gràfic 6).

QUÈ PASSA DURANT EL DIA? (12 hores)



Gràfic 1. Evolució de la humitat durant el dia en les cobertes tipus Sedum,(HS) tipus Prat (HP) i la ambiental (HRA). Mes d'octubre.



Gràfic 2. Evolució de la temperatura durant el dia en les cobertes de grava (TG), tipus *Sedum*, (TS) tipus Prat (TP) i la ambiental (TA). Mes d'octubre.

De 6h del matí a 18h de la tarda ens hem trobat varies informacions a destacar. Primerament es parlarà de les humitats. La humitat de la coberta tipus Prat (HP) sempre ha estat superior a la de la coberta tipus *Sedum* (HS), bastant constants en relació amb la incidència dels raigs solars, destacant el període que va de 9h a 14:30h exactament, on la humitat disminueix ja que hi ha radiació solar en aquestes hores. Una vegada les plantes ja no els toca el sol, la humitat ha tornat a augmentar en HRA, HS i HP.

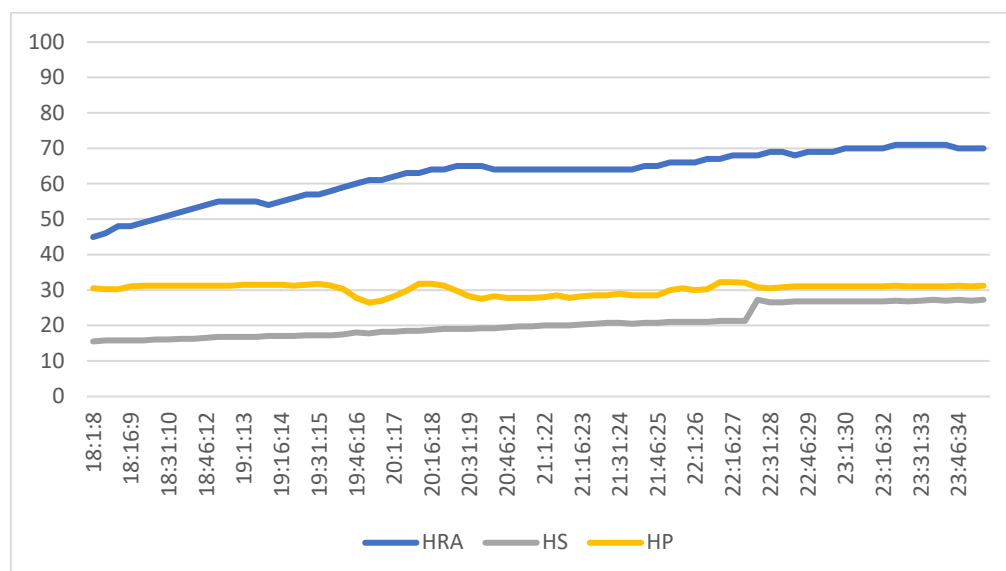
En la mateixa franja horària que les humitats, vam mesurar les temperatures. La temperatura de la grava (TG) sempre ha estat inferior a la de les plantes en hores sense radiació solar, i molt superior en hores amb radiació solar, arribant fins i tot als 37°C durant la tardor. Fent d'una diferència màxima de 26°C durant tot el dia. La temperatura del tipus *Sedum* (TS) i del tipus Prat (TP) sempre han sigut molt constants al llarg del temps, on la diferència de temperatura entre aquestes sempre ha estat mínima.

Entre grava i plantes s'ha trobat que la diferència de temperatura pot arribar a una màxima de 16°C, per tant l'ús de plantes en cobertes permet l'estalvi energètic reduint la necessitat de sistemes de refrigeració o calefacció, tenint en compte que estem parlant d'una superfície 0,48 m² d'una safata de planta.

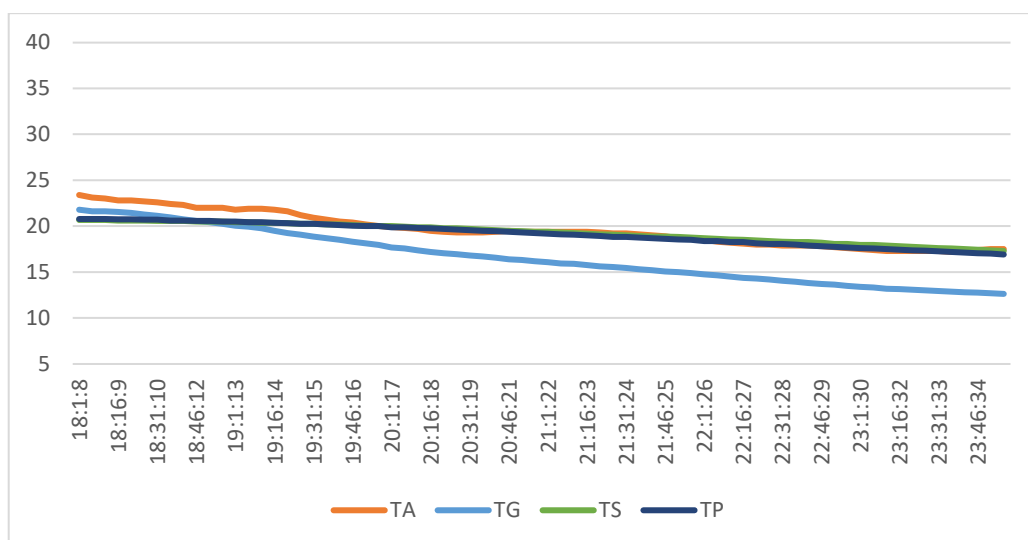
Referint-se a les humitats, cal tenir en compte que una coberta vegetal té principalment un efecte regulador de la temperatura. Aquest efecte és més gran durant els mesos d'estiu, però demostrats també a la tardor (a l'estiu ha estat explicat a continuació d'aquests resultats). En les teulades tradicionals es produeixen considerables variacions de la temperatura interior. A l'estiu, l'edifici s'escalfa perquè una coberta negra absorbeix la calor del Sol. Quan la coberta és verda, la vegetació reflecteix la major part de la llum directa del Sol en lloc de absorbir-la. A més, la humitat present a la vegetació s'evapora, el que també proporciona un refredament addicional. Tot això ajuda a que la temperatura de l'edifici sigui inferior i, per tant, per part de la humitat de les plantes també s'estalviarà en el cost de l'energia per a l'aire condicionat.

A la tardor o a l'hivern, l'efecte regulador de calor d'una teulada de *Sedum sp.* és menor que a l'estiu, perquè una coberta vegetal reté la humitat. No obstant això, un sostre verd amb plantes tipus Prat contribueix millor a la regulació de la calor, perquè la capa del substrat és més gruixuda que en un sostre amb *Sedum sp.* Així que també podrà estalviar en les factures de calefacció durant aquest temps.

QUÈ PASSA DURANT LA TARDA? (6 hores)



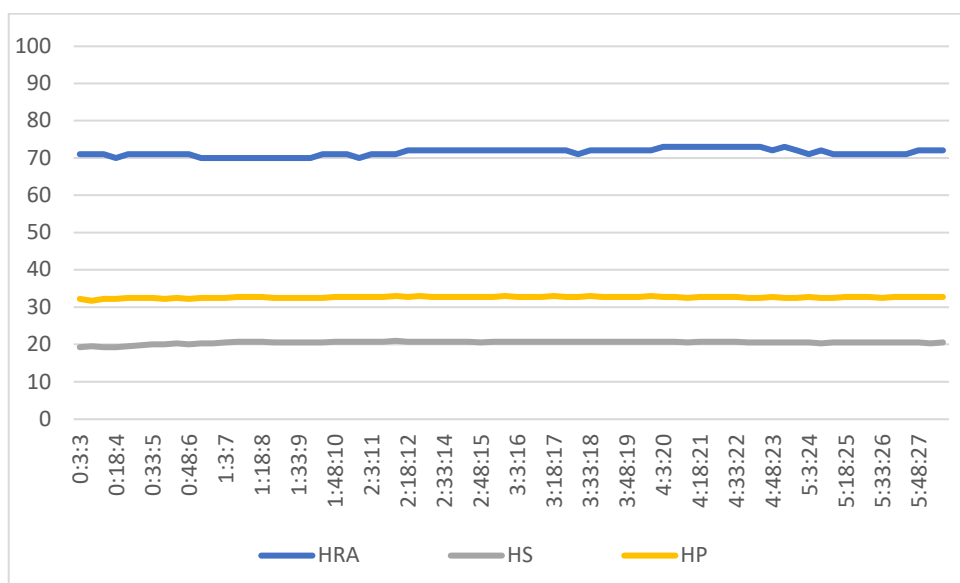
Gràfic 3. . Evolució de la humitat durant la tarde-nit en les cobertes tipus Sedum,(HS) tipus Prat (HP) i la ambiental (HRA). Mes d'octubre.



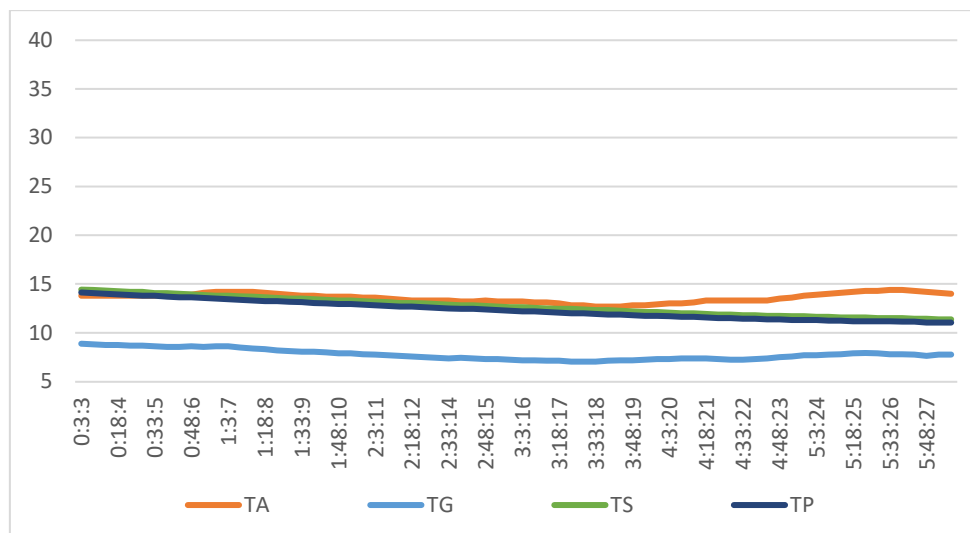
Gràfic 4. Evolució de la temperatura durant la tarde-nit, en les cobertes de grava (TG), tipus *Sedum*, (TS) tipus Prat (TP) i la ambiental (TA). Mes d'octubre.

En el període que va des de les 18h de la tarda fins a les 12h de la nit cal destacar els següents aspectes. L'HRA va augmentant sempre a mesura que es fa de nit i HS i HP son molt constants, amb poques variacions. En vers les temperatures, una vegada ja no hi ha incidència dels raigs solars van disminuint amb el pas del temps. TA, TS i TP sent sempre molt similars, però TG sempre estarà molt més baixa respecte les altres.

QUÈ PASSA DURANT LA NIT? (6 hores)



Gràfic 5. Evolució de la humitat durant la nit en les cobertes tipus *Sedum*, (HS) tipus Prat (HP) i la ambiental (HRA). Mes d'octubre



Gràfic 6. Evolució de la temperatura durant la nit, en les cobertes de grava (TG), tipus *Sedum*, (TS) tipus Prat (TP) i la ambiental (TA). Mes d'octubre.

Durant els períodes nocturns les humitats seran constants, de major a menor: HRA, HP, HS. En les temperatures s'observa el mateix que durant les sis hores anteriors. TG es mostra inferior amb una diferència d'uns 5°C.

Al Annex 3 es poden consultar tots els resultats detallats de les proves portades a terme.

Aquests resultats concorden amb els obtinguts pels investigadors del CREA-EPS-UdL portats a terme durant el període d'estiu.



Figura 66. Dispositiu experimental al CREA-EPS UdL, on es pot observar els tres tipus de cobertes: grava, Sedum i Prat. Font:

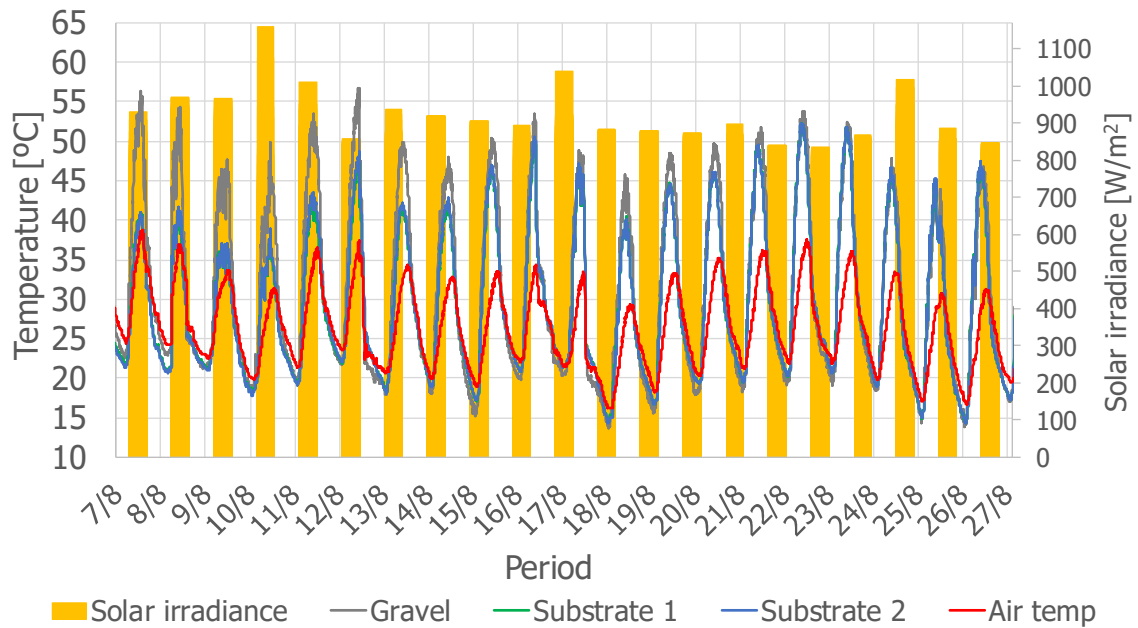


Figura 67. Evolució de la temperatura al mes d'agost als tipus de cobertes grava, *Sedum* i Prat .
Font:

En aquesta figura, que és d'un dels treballs del equip del CREA, es pot observar la diferència de temperatures entre la coberta de grava, i les dos cobertes estudiades, tot i que en aquell moment només hi havia els dos tipus de substrats diferents, encara no estaven les plantes. Es pot observar una reducció de les temperatures superficials dels substrats en vers la grava. Per tant hi haurà una reducció més elevada de les temperatures en afegir les plantes, ja que faran que no incideixin directament els raigs solars.

6.3.2 EXPERIMENT 2. REDUCCIÓ DE L'AIGUA D'ESCORRENTÍA: MESURA DE LA CAPACITAT DE RETENCIÓ DE L'AIGUA

Els resultats obtinguts en aquest assaig i els tres experiments han estat els següents:

Taula 5. Prova 1: Aigua afegida i extreta en les tres tipus de safates. Càlculs del aigua retinguda

| | GRAVA | TIPUS <i>SEDUM SP...</i> | TIPUS PRAT |
|----------------------------|--------------|---------------------------------|-------------------|
| AIGUA AFEGIDA (L) | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| AIGUA EXTRETA (L) | 2,21 | 1,12 | 0,105 |
| AIGUA RETINGUDA (L) | 5,79 | 6,88 | 7,89 |

Taula 6. Prova 2: Aigua afegida i extreta en les tres tipus de safates. Càlculs del aigua retinguda

| | GRAVA | TIPUS <i>SEDUM SP...</i> | TIPUS PRAT |
|----------------------------|--------------|---------------------------------|-------------------|
| AIGUA AFEGIDA (L) | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| AIGUA EXTRETA (L) | 6,65 | 5,93 | 4,09 |
| AIGUA RETINGUDA (L) | 1,35 | 2,07 | 3,91 |

Taula 7. Prova 3: Aigua afegida i extreta en les tres tipus de safates. Càlculs del aigua retinguda

| | GRAVA | TIPUS <i>SEDUM SP...</i> | TIPUS PRAT |
|----------------------------|--------------|---------------------------------|-------------------|
| AIGUA AFEGIDA (L) | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| AIGUA EXTRETA (L) | 6,63 | 6,00 | 5,03 |
| AIGUA RETINGUDA (L) | 1,37 | 2,00 | 2,97 |

Analitzant aquestes taules podem observar que siguin les condicions que siguin en les que es faci la prova, en estat de saturació o no, la safata que extreu més aigua és la de la grava. Seguint de la safata amb la planta *Tipus Sedum sp.*, i la que

menys aigua extreu és la safata de la planta Tipus Prat, és a dir, la que més aigua retén.

A partir dels resultats obtinguts en la mesura d'extracció d'aigua i l'anàlisi d'humitats i temperatures, depenent del clima, s'utilitzaria un tipus de planta o un altre. En països amb clima Mediterrani, com Espanya, la planta que s'utilitzaria seria la de tipus *Sedum sp.* ja que no plou tant i aquest tipus de planta suporta temperatures extremes, ja sigui calor o fred. En països com Anglaterra o Alemanya s'utilitzaria la planta Tipus Prat ja que retén més aigua, i aquests son països on plou molt, per tant no s'hauria d'invertir diners pel reg d'aquesta planta.

En aquest assaig ja es pot observar que l'ús d'aquestes cobertes suposaria un benefici per a les infraestructures de la ciutat. No s'haurien d'invertir tants diners en problemes de clavegueram en època de grans precipitacions, sigui l'època de l'any que sigui. Per tant els diners invertits en la construcció d'aquestes cobertes verdes no suposarien un malbaratament, sinó que serien uns diners amortitzats dels quals se'n obtindrien beneficis, ja no parlant a nivell global, sinó de la pròpia ciutat on hagi estat aplicada l'arquitectura sostenible. Millora del ambient, de la economia, de les infraestructures, etc.

Cal destacar, que a ciutats com a Berlín, es paga més impostos si l'edifici n'extreu més aigua quan hi ha pluges lleugeres o torrencials, per així evitar les inundacions del clavegueram en època de pluges. Altres països del nord també és aplicada aquesta mesura (Per més informació anar a l'Annex 5).

6.3.2.1 EXEMPLE QUE DEMOSTRA ELS BENEFICIS QUE PODRIA SUPOSAR A LA CIUTAT DE LLEIDA

Una vegada observats els resultats, es planteja la hipòtesi que a escala de la ciutat de Lleida, quin benefici suposaria aplicar cobertes verdes tipus *Sedum sp.*, donada la seva capacitat de retenir més aigua.

Han estat agafades les dades següents:

Ens trobem amb una superfície de la ciutat de Lleida de 211'7 km², 2'117·10⁷ m². La superfície de les nostres safates és de 0,48m².

Una vegada aquestes dades, s'han agafat els resultats obtinguts en la prova 2 de l'experiment 2: aigua retinguda en estat de saturació aquosa de les safates, és a dir, 4 dies després de pluges torrencials, en 1:28 h. Cada safata va extreure una determinada quantitat d'aigua, donat que es va fer una pluja de 8,00L durant 1 min. Aquesta pluja és de 16,6L/m² i descrita per l'AEMET com una pluja torrencial.

La safata de grava va extreure 6,65L, i la de tipus *Sedum sp.*, 5,93L. Recordant que van ser resultats obtinguts en 1:30h aproximadament.

A partir d'aquí s'han fet els càlculs:

Si la superfície de Lleida està coberta de grava (és una dada aproximada ja que no es pot saber la superfície útil exacta de Lleida), extreu tants litres d'aigua en un temps d'una hora i mitja, representant el 100%. Què passaria si a aquesta superfície de cobertes tradicionals de la ciutat se li afegeix un 2%, 3% i 5% de cobertes verdes tipus *Sedum sp.* i quina quantitat d'aigua s'estalviaria a tota Lleida.

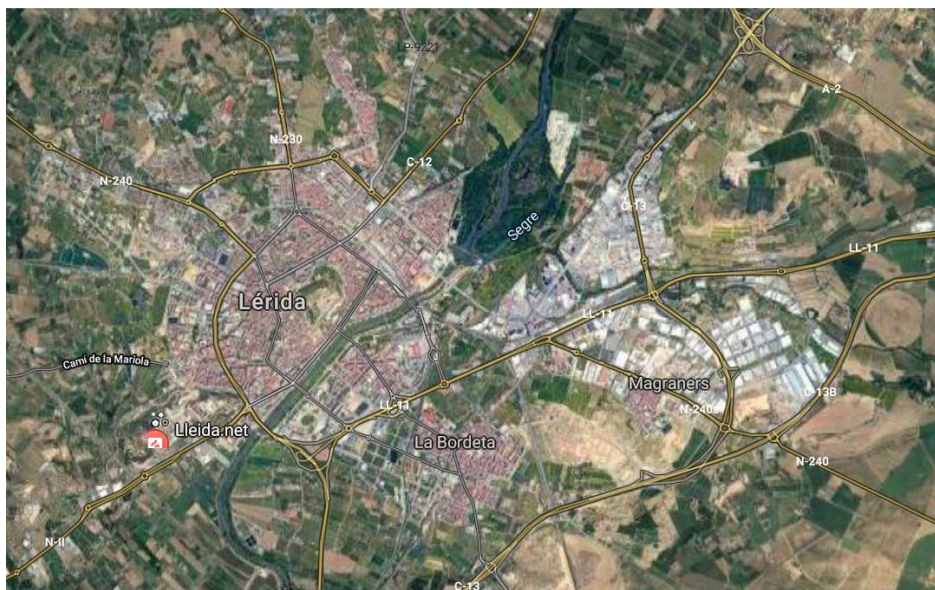


Figura 68. Mapa de la superfície de Lleida ciutat. Font: Google Maps

Després d'un seguit d'operacions, on es troben a l'Annex 6, s'han obtingut els resultats següents:

Taula 8. Estimació del aigua retinguda segons diferents percentatges de cobertes tipus *Sedum sp.* a la ciutat de Lleida.

| | Superfície de la ciutat de Lleida $2,117 \cdot 10^8 \text{m}^2 = 100\%$ | Aigua extreta (L) | Aigua Retinguda (%) |
|------------------------------------|---|--------------------------|--------------------------------|
| GRAVA | 100% | $2,93 \cdot 10^9$ | 0 |
| <i>Sedum</i> <i>sp.</i> | 2% | $5,23 \cdot 10^7$ | 1,78 |
| | 3% | $7,84 \cdot 10^7$ | 2,68 |
| | 5% | $1,31 \cdot 10^8$ | 4,47 |

En aquesta taula podem observar com en la superfície de Lleida tota de cobertes tradicionals si se li aplica un 2, 3 i 5% de cobertes verdes pot arribar a obtenir fins a un 4,47% d'aigua menys en els clavegueram de la ciutat, durant una hora i mitja amb una pluja inicial torrencial d'1 minut. D'aquesta manera s'observa després dels càlculs, que si que s'obtidria un benefici econòmic en la inversió de cobertes verdes, així suposant un estalvi econòmic en molts problemes de les infraestructures del clavegueram.

7. CONCLUSIONS

De l'estudi teòric en el que es descriu la situació actual de la problemàtica associada al procés d'urbanització de la humanitat i les conseqüències per al medi-ambient, se'n pot concloure que és urgent començar a actuar. En aquest sentit, les solucions basades en la natura, com les cobertes i façanes verdes en edificis, poden ser una bona solució en entorns urbans on la manca d'espai fa difícil la incorporació de vegetació.

En l'anàlisi tècnic referent a les tipologies de cobertes verdes disponibles, es pot concloure que aquests sistemes són una solució real, que estan disponibles al mercat i de fet algunes ciutats els estan aplicant de forma generalitzada, com entre d'altres la ciutat de Londres.

Dels experiments (part pràctica) duts a terme per a l'avaluació dels beneficis que comporten les cobertes verdes, concretament en l'estalvi d'energia i reducció de l'efecte illa de calor en les ciutats, gracies a la reducció de les temperatures superficials i conservació de la humitat, així com en el control de l'escorrentia de l'aigua de pluja, es poden extreure les següents conclusions:

- Experiment 1. Estalvi d'energia en edificis i reducció de l'efecte d'illa de calor. Les cobertes verdes han mantingut una humitat relativa baixa i constant en relació amb la humitat ambiental. La humitat de les plantes ha estat baixa i constant. Aquesta humitat baixa i constant fa actuar les cobertes d'aïllant tèrmic en qualsevol època de l'any. En vers les temperatures, les oscil·lacions tèrmiques de la grava han estat molt més grans (arribant fins i tot a una temperatura de 37°C) que no pas les de les plantes que han tingut diferències mínimes al llarg del dia. Això suposaria i suposa un malbaratament energètic i econòmic, estalviat amb les cobertes verdes on han mantingut la temperatura constant sempre.
- Experiment 2. Reducció de l'aigua d'escorrentia. Retenció d'aigua. En la mesura de la capacitat de retenció de l'aigua, la grava és la que menys reten, per tant, descarta un cop més que les cobertes tradicionals tinguin beneficis en els edificis. La segona que menys reten és la de tipus *Sedum sp.* i la que

més la de tipus prat. En la hipòtesi s'ha pogut observar que les millors que pot suposar el ficar cobertes de *Sedum sp.* són altes ja que no hi hauria problemes en infraestructures del clavegueram.

Del càlcul del potencial que tindria l'aplicació de cobertes verdes a nivell de ciutat en el cas de Lleida, es pot concloure que la incorporació d'aquests sistemes constructius basats en la natura podrien reduir l'aigua d'escorrentia en un 4,47 d'aigua menys sobre cent en els claveguerams de la ciutat, durant una hora i mitja amb una pluja inicial torrencial d'1 minut.

Pel que fa a la comparativa entre les diferents solucions de coberta verda estudiades, també s'ha extret la conclusió que depenent del lloc on estarien situades les cobertes es ficaria planta *Sedum sp.*, per a les temperatures extremes observades que aguanta. I la coberta tipus prat, s'hauria de situar en països del nord amb elevades pluges i baixes temperatures, ja que és la que ha retingut més aigua, i no suporta altes temperatures perquè s'asseca ràpidament.

De forma general, es pot concloure que les cobertes sí suposen un benefici en els edificis: en estalvi energètic ja que actuen com aïllant tèrmic, i possible econòmic en les inversions de les infraestructures de clavegueram de la ciutat com Lleida.

Finalment, destacar que l'aplicació del concepte de "ciència ciutadana" des del començament del treball ha permès, d'una banda obtenir ajuda en el desenvolupament de les tasques vinculades a la part experimental que d'altra forma haguessin estat inviables (treball col·laboratiu) i de l'altra fer partícip a tot un conjunt de persones de la recerca duta a terme i dels conceptes apresos. En aquest procés d'aprenentatge s'han involucrat familiars, professors, amistats, veïns, on tothom ha pogut aportar i aprendre sobre el treball.

8. REFERÈNCIES

- <https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/>
- <https://www.verdtical.com/>
- <http://www.urbanscape.es/>
- <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/la-contaminacion-del-aire>
- https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/contaminacion-aire-que-respiramos-provoca-millones-muertes_12532
- <https://www.nationalgeographic.es/plasticpledge>
- <https://twenergy.com/a/tipos-de-contaminacion-525>
- <https://360.dkvseguros.com/cambio-climatico/sexta-extincion>
- <https://www.naciodigital.cat/noticia/182963/dades/incendi/ribera/ebre/ja/es/sagon/mes/gran/des/1998>
- <https://www.lavanguardia.com/natural/cambio-climatico/20190814/464069753119/glaciar-islandia-okjokull-ok-derretido-muerto-crisis-climatica.html>
- https://www.ara.cat/societat/meteo/previsions/Dema-sera-pitjor-onada-calor_0_2259974088.html
- https://elpais.com/sociedad/2019/08/14/actualidad/1565794348_072345.html
- <https://www.ngenespanol.com/el-mundo/nasa-imagenes-incendios-forestales-amazonas/>
- <https://era.archi.ca/coberta-tipus-i-recomanacions/>
- <http://www.creaf.cat/ca/recerca/ciencia-ciutadana>
- <https://www.centresescoltes.cat/ca/etiquetes/ci%C3%A8ncia-ciutadana>
- <http://www.urbanscape.es/es/content/por-qu%C3%A9-soluciones-verdes>
- <https://www.sostenible.cat/reportatge/solucions-basades-en-natura-un-nou-concepte-per-assolir-ciutats-mes-verdes-resilients-i>
- <https://www.horadelplaneta.es/>

- file:///C:/Users/teresasm/Downloads/WWF_RetoPlastico.pdf
- https://elpais.com/tag/movimiento_fridays_for_future/a
- <http://www.xtec.cat/~mferna99/projecte/hiverna.htm>
- <http://www.urbanscape.es/es/content/por-qu%C3%A9-soluciones-verdes>
- <https://www.verdtical.com/calentamiento-urbano>
- <https://www.verdtical.com/acustica>
- <https://360.dkvseguros.com/naturaleza/espacios-verdes-beneficios>
- <https://www.verdtical.com/salud>
- <https://www.verdtical.com/consumo-de-energia>
- <https://www.verdtical.com/biodiversidad>
- <http://www.urbanscape.es/es/content/cubiertas-verdes>
- https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/sistemas_cubiertas/semi_extensivas/index.php
- <http://www.urbanscape.es/es/content/tipos-de-cubiertas-verdes>
- https://www.google.com/search?q=cubiertas+extensivas&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiosO6AiZzkAhXjThUIHXYPCEQ_AUIESgB&biw=1422&bih=678#imgsrc=ySR9RFXVISPBIM:
- https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/sistemas_cubiertas/extensivas/Sedum_sp..._tapizante.php
- https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/sistemas_cubiertas/extensivas/tapizante_floral.php
- https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/sistemas_cubiertas/extensivas/inclinada_20.php
- https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/sistemas_cubiertas/extensivas/inclinada_35.php
- https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/sistemas_cubiertas/extensivas/abovedada.php
- https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/sistemas_cubiertas/extensivas/cubierta_plana.php
- https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/sistemas_cubiertas/extensivas/riego_integrado.php

- https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/sistemas_cubiertas/extensivas/biodiversa.php
- <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-dht11-temperatura-humedad-arduino/>
- <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/resistencia-pull-up-y-pull-down/>
- https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=151346035&cPath=1343&gclid=EAlaIQobChMIzPWmv8KY4wIVpjXTCh0O1AAIEAQYAiABEGK6lfD_BwE
- https://wiki.dfrobot.com/Capacitive_Soil_Moisture_Sensor_SKU_SEN0193
- <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/>
- file:///C:/Users/teresasm/Downloads/resource_manual_pagina%2072%20stuttgart.pdf
- https://elpais.com/elpais/2019/08/20/opinion/1566305913_743829.html?prod=REGCRART&o=cerrado&event_log=oklogin

9. ANNEXOS

9.1. ANNEX 1: PROCÉS I APRENTATGE DE PROGRAMACIÓ AMB ARDUINO, SENSORS, DATA LOGGER, I MUNTATGE PER A LA POSTERIOR RECOLLIDA DE DADES AMB AQUESTS

El procés de la programació dels sensors i del data logger ha estat llarg, perquè s'ha començat des de zero, és a dir, de saber relativament res, a la programació d'un mòdul SD. A continuació es veurà el procés, els problemes, imprevistos i l'aprenentatge al llarg de l'estiu fent aquesta primera part de la pràctica.

1. Realització del prototip de les cobertes amb els sensors

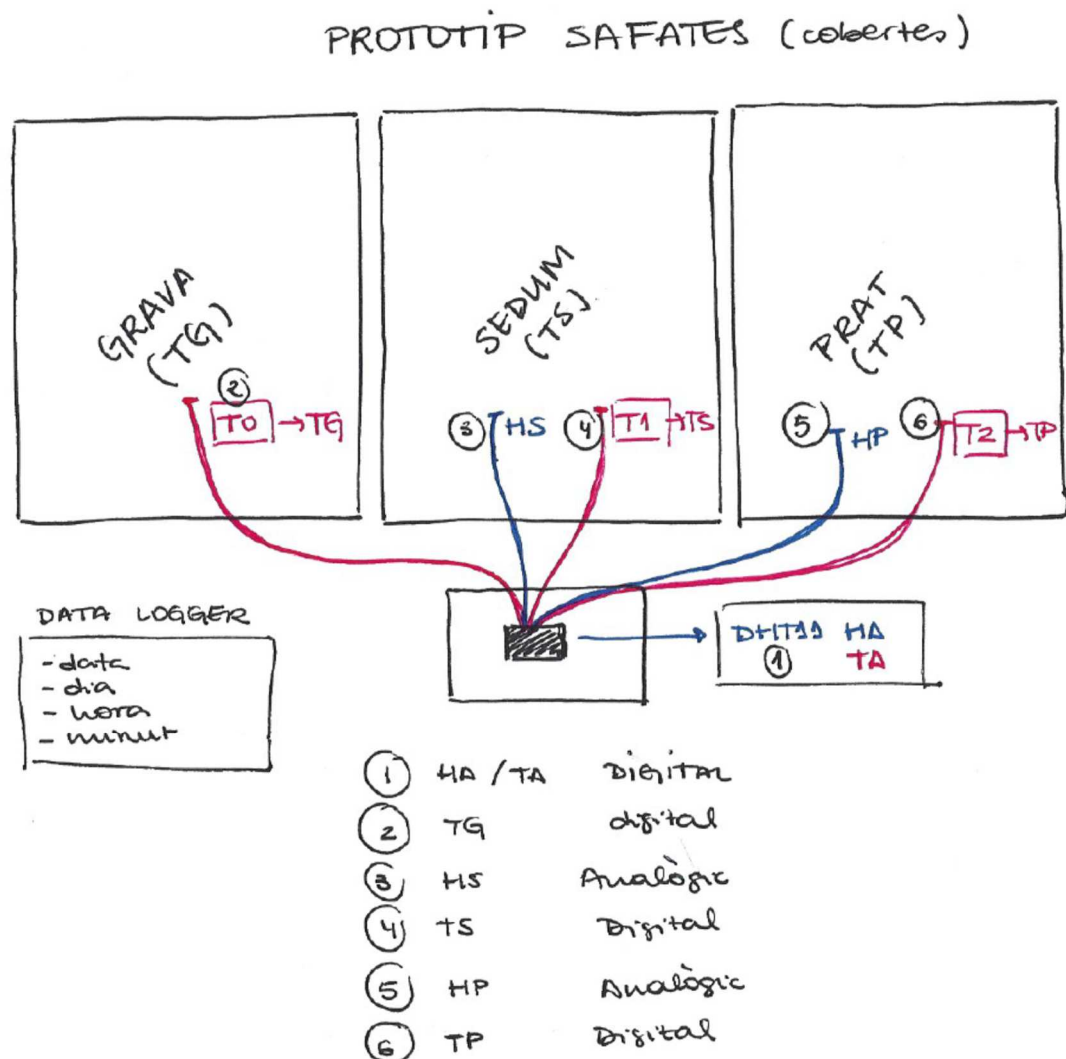


Figura 69. Prototip de la disposició dels sensors i tipus a les safates

2. Aprendre el llenguatge c++ Arduino i búsqueda de com programar sensors.
3. **28-06-19:** Tutoria amb el professor d'Itinera i compra sensors.
4. **3-07-19:** Tutoria amb el professor del Col.legi Episcopal.
Resolució de dubtes relacionats amb arduino, amb el sensor DHT11 (no funcionava a causa d'una mala connectivitat) i amb el mòdul SD. Es plantegen les opcions de recollir dades en temps real: és impossible perquè un portàtil no pot estar a trenta graus o més de temperatura i al Sol tot el dia. La segona opció és utilitzar un cable USB de màxima llargària (no hi ha més llargs que 5m, curt). La tercera, última i elegida, la utilització del mòdul SD per Arduino amb rellotge que controla el temps real, és a dir, obtenció de dades reals, nomenat Data Logger.
5. **8-07-19:** Visita a l'empresa on es rep l'ajuda del tècnic llicenciat en telecomunicacions, , on s'arregla els errors de connexió per sensor DS18B20 (temperatura).
 - Aprenentatge de com calibrar el sensor d'humitat: higròmetre
6. **9-07-19:** Connectem els tres tipus de sensors, sis en total, a la placa de connexions (buscar el nom).
 - Compra de material que falta: targeta SD, caixa on es ficarà l'arduino, cables
 - Búsqueda de com programar mòdul SD.
7. **11-07-19:**
 - Muntatge cablejat sensors humitat d'1
 - Cable TV buidat d'1 metre aprox.
 - 3 cables connexions ficats dintre del cable d'1 metre (dividit en tres parts i ajuntat a causa de la dificultat d'entrada dels cables).



Figura 70. Cablejat d'1 metre per als sensors d'humitat amb el cable de televisió per evitar alteracions

- 8. 12-07-19:** Ja tenim programa Data Logger, però amb el programa dels 3 sensors no funciona.
- 9. 30-07-19:** En una taula posades les tres capsas, la tercera ja amb grava de 2 cm de gruix.
- 10.4-08-19:** Programació del Data Logger amb sensor Dht11 per començar amb un programa curt per veure si així funciona.
- 11.8-08-19:** Continua sense funcionar el programa curt. Es pregunta dubtes d'errors a la web de Luis Llamas, un expert en programació amb Arduino.
- 12.13-08-19:** Visita a Lleida.net amb el tècnic en telecomunicacions on solucionem els problemes amb la programació mòdul SD. De com guardar la informació registrada i la configuració del rellotge en temps real del DataLogger.
- 13.** El tècnic en telecomunicacions em realitza un programa molt complex amb un LED afegit per saber quan es grava informació a la targeta SD en el document creat, però es difícil d'entendre per la seva complexitat en el llenguatge de programació.
- 14.** Comença l'institut i es resolen dubtes amb el professor
- 15.26-09-19:** Tutoria amb on es miren errors i es comença a arreglar programa d'abans, ja que el nou fet per el tècnic és complicat. S'arreglen problemes de la SD que no guarda correctament dades ja que les pins estan mal connectats.
- 16.1-10-19:** Tutoria amb als tallers de tecnologia i electrotècnia del col·legi. Els sensors d'humitat tornen a no funcionar a causa de males connexions, i també es tornen a calibrar.
La funció LogFile veiem que ocupa molt espai en el programa i busquem solucions. El LED ja funciona.
- 17.3-10-19:** 3a tarda als tallers de Cicles on s'arreglen errors programa, s'aconsegueix que funcioni correctament el LogFile, es calibra correctament el sensor d'Humitat amb gots de terra: humit, sec i aigua.
Finalment després de quatre hores als tallers arreglant i fent proves funciona tot el programa!
- 18.4-10-19:** Al intentar pegar amb silicona la placa protoboard a la capsa on estarà l'Arduino provocho un curtcircuit, ja que la ceràmica electrònica es fa malbé. No funciona.



Figura 71. Muntatge dels sensors a la capsa

19.5-10-19: Aconsegueixo una altra placa gràcies a un company de classe, però faig males connexions i em carregó la meitat de la placa al connectar positiu al negatiu. Curtcircuit, i tot deixa de funcionar un altre cop. Canvio l'arduino i el sensor Dht11 i tot torna a funcionar correctament, ja que es connecten els cables a l'altre cantó.

Ja es connecten sensors una vegada disposats correctament a les safates de plantes i grava.

20. Els **dies 8, 9, 10** connecto l'arduino amb una bateria de 9V, però només dura 7 hores cadascuna.

Es decideix comprar un adaptador per connectar-ho a la font elèctrica.

21.12-10-19: Es connecta finalment fins el dia 19 dies complets.

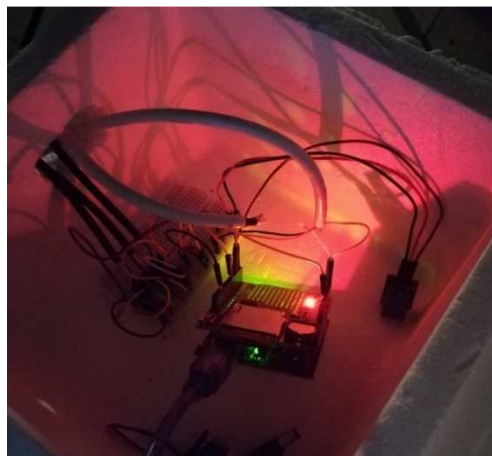


Figura 72. Comprovació que tot funciona correctament en períodes nocturn, i pujada de noves dades a la placa arduino.

9.2. ANNEX 2: PROGRAMES DELS SENSORS ARDUINO

PROGRAMA ARDUINO SENSOR DHT11

sketch_dht11_pagweb Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```
sketch_dht11_pagweb

// Incluimos librería
#include <DHT.h>

// Definimos el pin digital donde se conecta el sensor
#define DHTPIN 2
// Dependiendo del tipo de sensor
#define DHTTYPE DHT11

// Inicializamos el sensor DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup() {
  // Inicializamos comunicación serie
  Serial.begin(9600);

  // Comenzamos el sensor DHT
  dht.begin();
}

void loop() {
  // Esperamos 5 segundos entre medidas

  // Leemos la humedad relativa
  float h = dht.readHumidity();
  // Leemos la temperatura en grados centígrados (por defecto)
  float t = dht.readTemperature();
  // Leemos la temperatura en grados Fahrenheit
  float f = dht.readTemperature(true);

  // Comprobamos si ha habido algún error en la lectura
  if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
    Serial.println("Error obteniendo los datos del sensor DHT11");
    return;
  }

  // Calcular el índice de calor en Fahrenheit
  float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
  // Calcular el índice de calor en grados centígrados
  float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);

  Serial.print("Humedad: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %\t");
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.print(t);
  Serial.print(" *C ");
  Serial.print(f);
  Serial.print(" *F\t");
  Serial.print("Índice de calor: ");
  Serial.print(hic);
  Serial.print(" *C ");
  Serial.print(hif);
  Serial.println(" *F");
}
```

PROGRAMA ARDUINO SENSOR HUMITAT DOLLATEK CAPACITIU

sketch_humedad - sketch_HUMEDAD.ino | Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); // open serial port, set the baud rate as 9600 bps
}

void loop() {
  int valhumitatTipus1;
  int valhumitatTipus2;

  float valMin = 580.0;
  float valMax = 200.0;
  float percent;

  valhumitatTipus1 = analogRead(0); //connect sensor to Analog 0
  valhumitatTipus2 = analogRead(1); //connect sensor to Analog 0

  Serial.println("HumitatTipus1"); //print the value to serial port
  percent = ((valMin - valhumitatTipus1)*100.0) / (valMin - valMax);
  Serial.print(percent);
  Serial.println(" %");
  Serial.println("HumitatTipus2"); //print the value to serial port
  percent = ((valMin - valhumitatTipus2)*100.0) / (valMin - valMax);
  Serial.print(percent);
  Serial.println(" %");
  delay(2000);
}
```

PROGRAMA ARDUINO SENSOR DS18B20

sketch_temperatura Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// Pin donde se conecta el bus 1-Wire
const int pinDatosDQ = 9;

// Instancia a las clases OneWire y DallasTemperature
OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ);
DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);

void setup() {
  // Iniciamos la comunicación serie
  Serial.begin(9600);
  // Iniciamos el bus 1-Wire
  sensorDS18B20.begin();
}
```

```

void loop() {
    // Mandamos comandos para toma de temperatura a los sensores
    Serial.println("Mandando comandos a los sensores");
    sensorDS18B20.requestTemperatures();

    // Leemos y mostramos los datos de los sensores DS18B20
    Serial.print("Temperatura sensor 0: ");
    Serial.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(0));
    Serial.println(" C");
    Serial.print("Temperatura sensor 1: ");
    Serial.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(1));
    Serial.println(" C");
    Serial.print("Temperatura sensor 2: ");
    Serial.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(2));
    Serial.println(" C");
    delay(1000);
}

```


9.3. ANNEX 3: EXPERIMENT 1. ANÀLISI DE TEMPERATURES I HUMITATS. GRÀFICS

PROVA 1 realitzada incorrectament: Dia 12-13/10/19

Hora d'inicialització: 12:25:7 Hora de finalització: 11:27:6

Es va d'haver anul·lar perquè durant el matí li incidia més el Sol a la grava.

Aquesta prova ha estat la primera duta a terme amb el transformador de l'arduino i connectat a la xarxa elèctrica.

PROVA 2: DIA 13-10-19

Hora d'inialització: 12:31:51 Hora de finalització: 23:57:44 Temps de durada: 24 hores

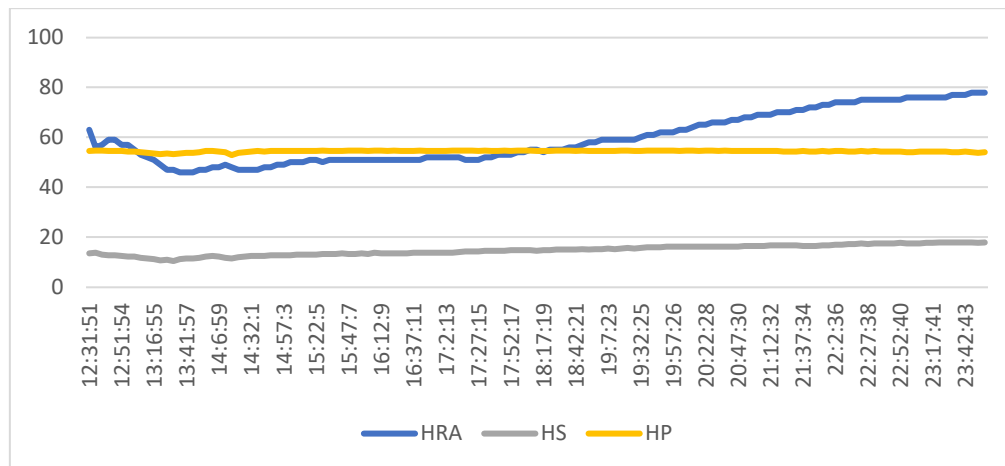


Figura 73. Disposades les safates experimentals ja correctament on el Sol incideix sobre les tres safates al mateix temps.

Cal considerar que les plantes han estat regades abans de tornar a connectar els sensors.

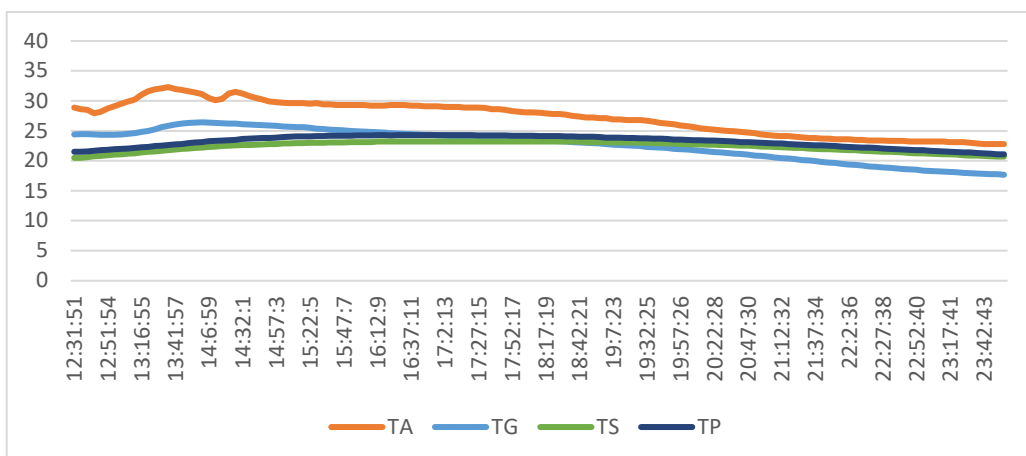
Per a tots els gràfics d'aquest annex, la llegenda serà:

| | |
|--|--|
| HRA: Humitat ambiental | TA: Temperatura ambiental |
| HS: Humitat a la safata tipus <i>Sedum</i> | TG: Temperatura a la safata amb grava |
| HP: Humitat a la safata tipus Prat | TS: Temperatura a la safata tipus <i>Sedum</i> |
| | TP: Temperatura a la safata tipus Prat |



Gràfic 7. Prova 2: Mesura humitats.

Com es pot observar l'HRA és constant on al migdia arriba a menys de 50% i durant la nit augmenta fins arribar quasi al 80% d'humitat. Les humitats HS i HP són constants, però HP es mostra més elevada que HS.

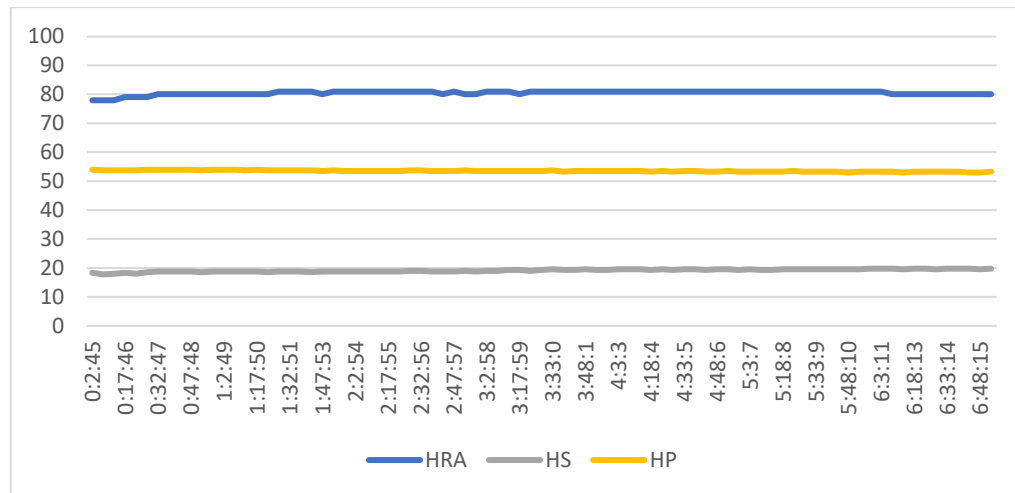


Gràfic 8. Prova 2: Mesura temperatures.

La TA cada vegada que avança el dia van disminuint. Les altres tenen una petita crescuda de 5C però tornen a disminuir. TG te una pujada, però després disminueix, més que TS i TP. En vers TS i TP les diferències de temperatura són petites.

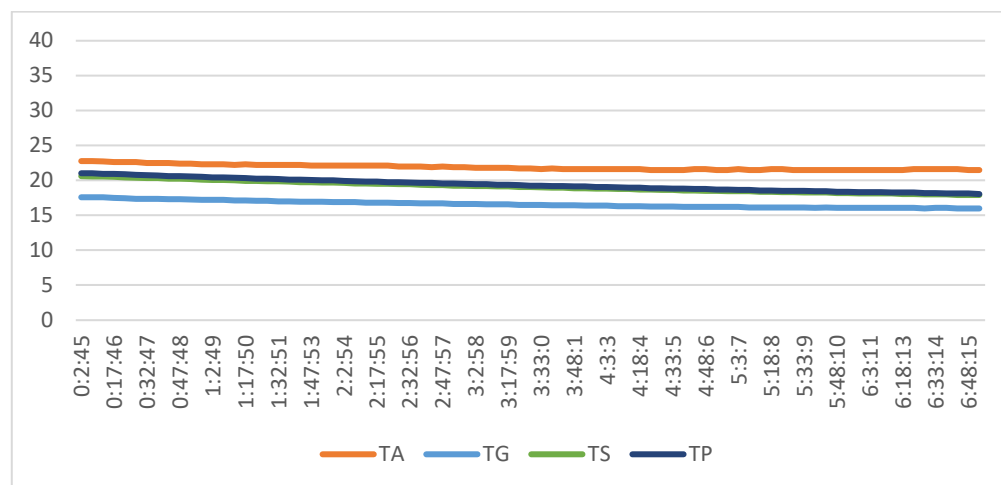
PROVA 3: Dia 14-10-19

Hora inicialització: 0:2:45 **Hora finalització:** 6:53:15 **Temps de durada:** 7 hores,
MATINADA



Gràfic 9. Prova 3: Mesura humitats.

Com es pot observar l'HRA és constant durant tota la nit, no es mou del 80%. Les humitats HS i HP són constants, però HP es mostra més elevada que HS.

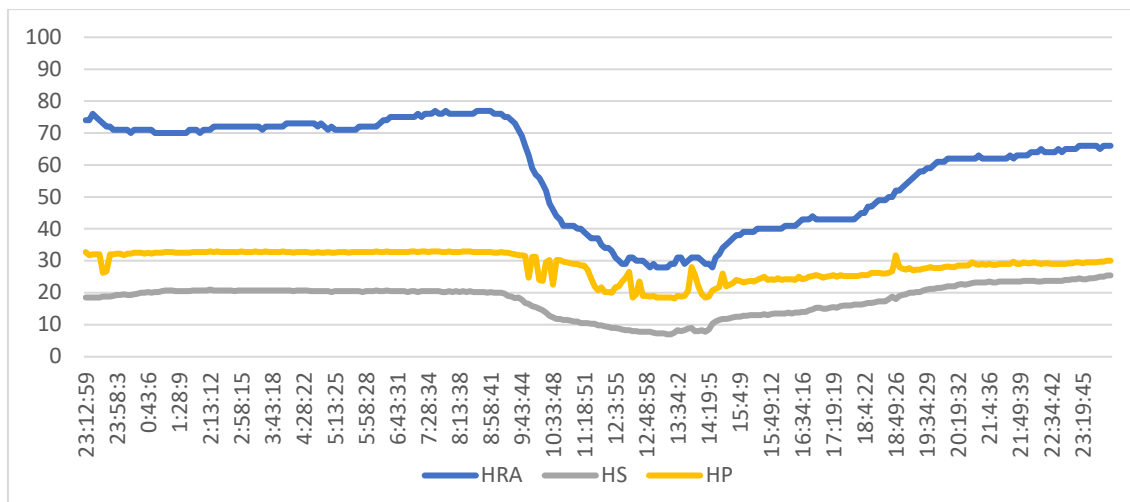


Gràfica 10. Prova 3: Mesura temperatures.

Al llarg de la nit veiem que totes les temperatures son constants. TA la més elevada, seguint de TP, TS i finalment TG, amb una mínima de 16C, dos graus de diferència amb les plantes.

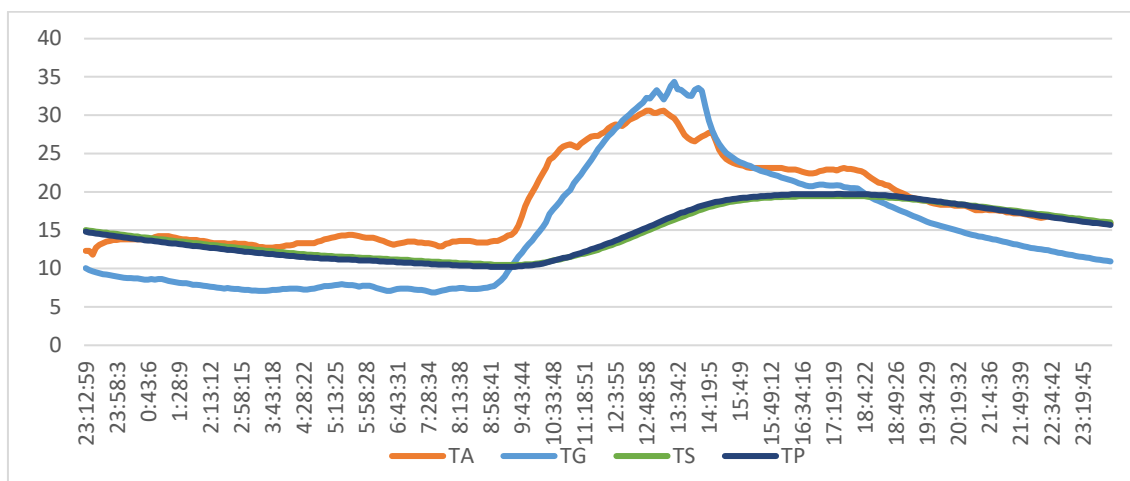
PROVA 4: Dia 15 i 16-10-19

Hora inicialització: dia 15, 23:12:59 **Hora finalització:** dia 16, 23:59:48 **Temps durada:** 24 hores



Gràfic 11. Prova 4: Mesura Humitats.

En aquest gràfic contemplem la gran variació de les humitats, una gran inestabilitat gràcies a les hores on hi ha exposició de la radiació solar, amb màxims valors amb HRA, seguit de HP i HS. HP durant el matí és molt inestable.

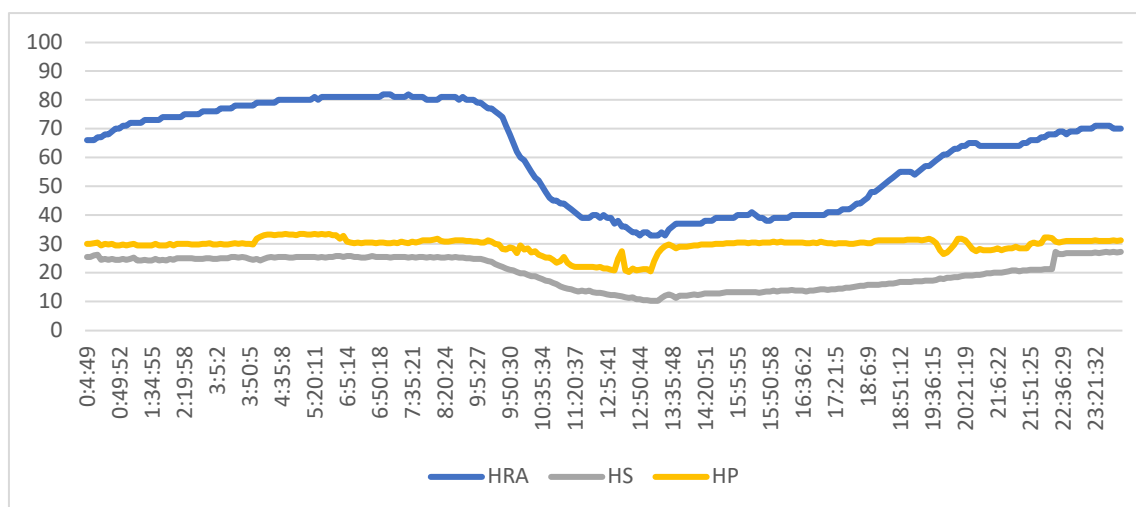


Gràfic 12. Prova 4: Mesura Temperatures.

En les temperatures també podem observar la gran variabilitat al llarg del dia i la pujada d'aquestes en les hores de Sol. TS i TP son constants al llarg del temps, però cal distingir la pujada de TG on arriba a una temperatura màxima de 34C tenint en compte que és tardor.

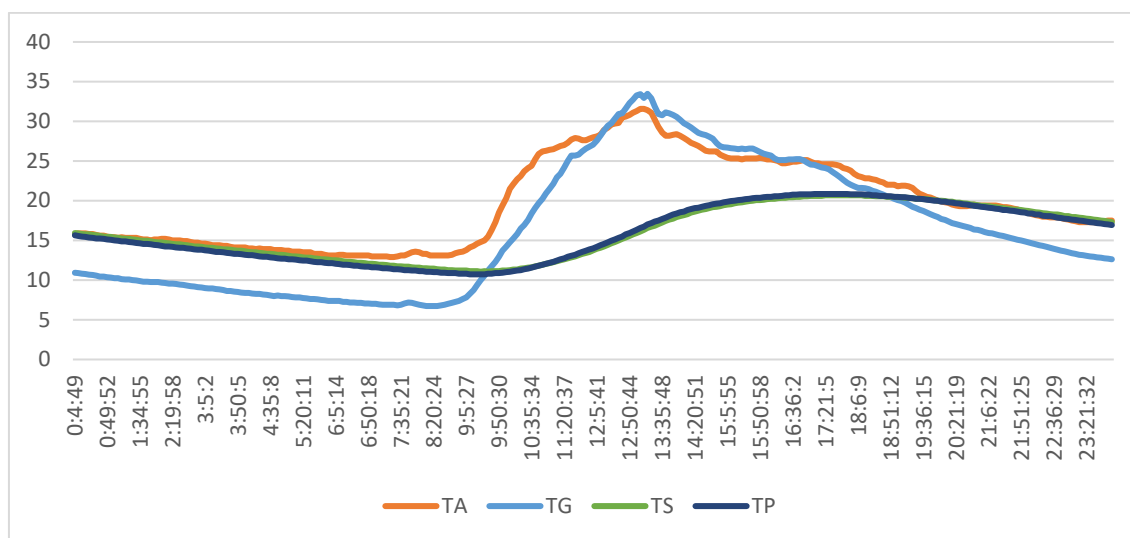
PROVA 5: Dia 17-10-19

Hora inicialització: 0:4:49 Hora finalització: 23:56:34 Durada: 24 hores



Gràfic 13. Prova 5: Mesura Humitats

Observem la gran variació de les humitats, una gran inestabilitat gràcies a les hores on hi ha exposició de la radiació solar, amb màxims valors amb HRA, seguit de HP i HS. HP i HS son bastant estables al llarg del temps, però HS disminueix la seva humitat durant el matí mentre que HP la manté constant.

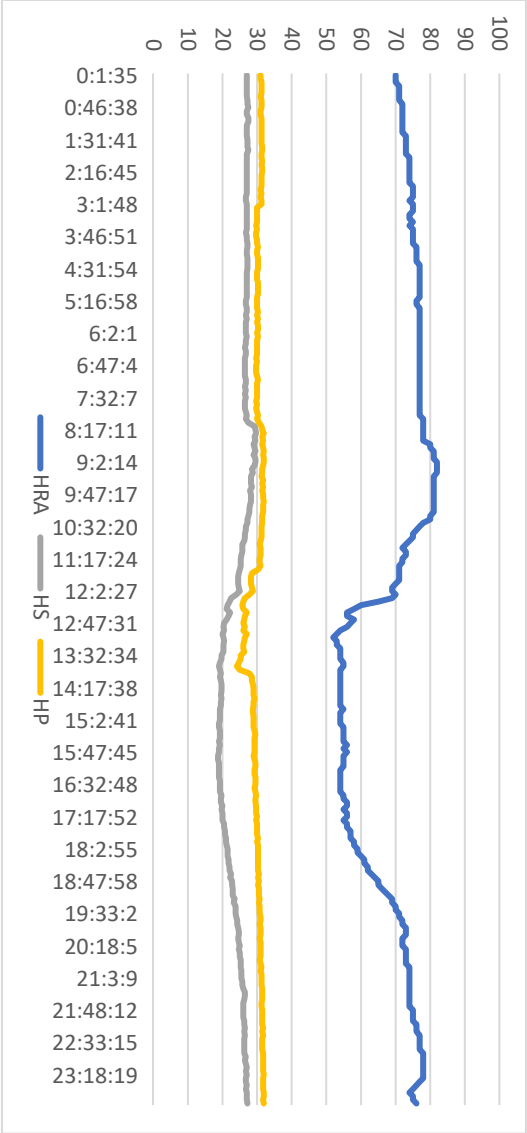


Gràfic 14. Prova 5: Mesura Temperatures

En les temperatures també podem observar la gran variabilitat al llarg del dia i la pujada d'aquestes en les hores de Sol. TS i TP son constants al llarg del temps, però cal distingir la pujada de TG on arriba a una temperatura màxima de 32°C tenint en compte que és tardor.

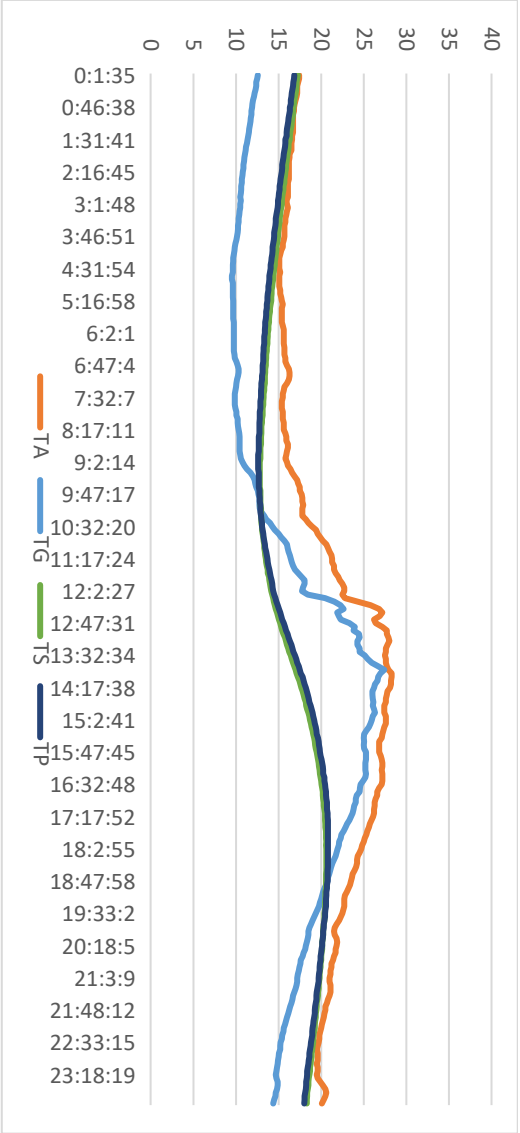
PROVA 6: Dia 18-10-19

Hora inicialització: 0:1:35 **Hora finalització:** 23:58:22 **Durada:** 24 hores



Gràfica 15. Prova 6: Mesura Humitats.

HP i HS son constants durant el dia, destacant que HP en hores de radiació solar no disminueix significativament. En canvi HS redueix un 10% en aquest temps.

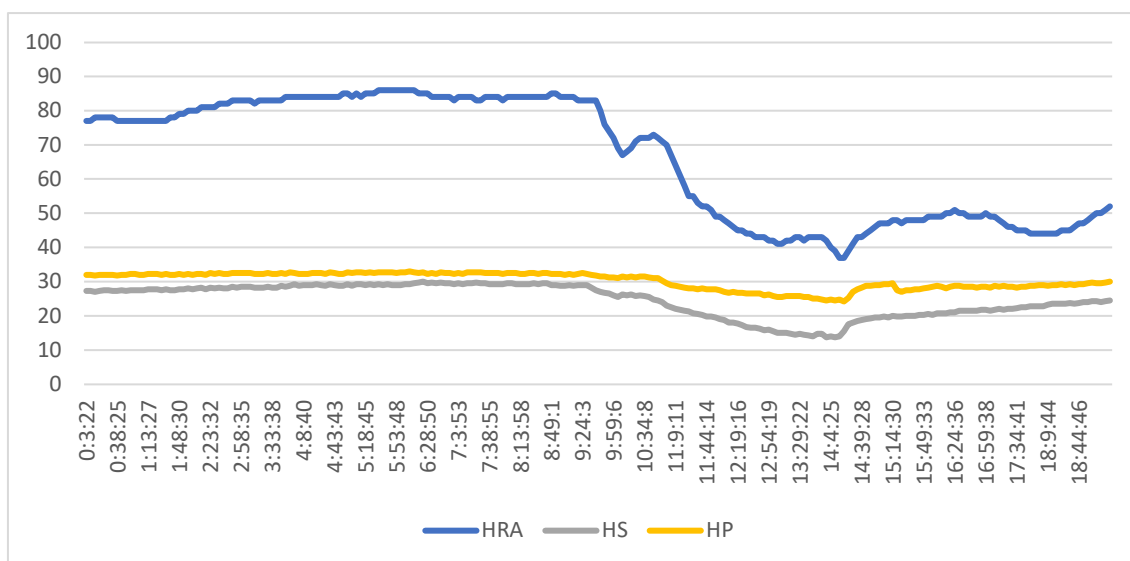


Gràfic 16. Prova 6: Mesura Temperatures.

Contemplem que TS i TP es mantenen estables. TG és més elevada però sense superar a la TA.

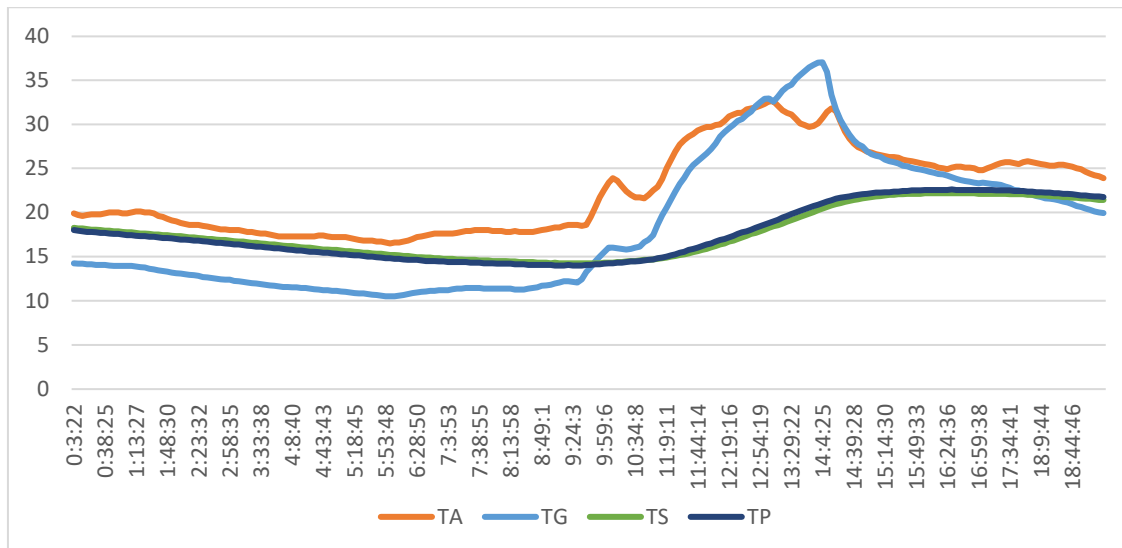
PROVA 7: Dia 19-10-19

Hora inicialització: 0:3:22 Hora finalització: 19:19:49 Duració: 19 hores



Gràfica 17. Prova 7: Mesura Humitats.

HP i HS són constants durant el dia, destacant que HP en hores de radiació solar no disminueix significativament. En canvi HS redueix un 17% durant el matí.



Gràfic 18. Prova 7: Mesura Temperatures.

En les temperatures podem veure la gran variabilitat al llarg del dia i la pujada d'aquestes en les hores de Sol. TS i TP són constants al llarg del temps, però cal distingir la pujada de TG on arriba a una temperatura màxima de 37°C tenint en compte que és tardor. En les hores anteriors a aquest augment, durant la nit, la TG és la més baixa de totes.

9.4 ANNEX 4: EXPERIMENT 2: MESURA DE LA CAPACITAT DE RETENCIÓ DE L'AIGUA

PROVA 1 AIGUA: Dia 11-09-19

La primera experimentació sobre la mesura de la capacitat de retenció o qui fa una major extracció d'aigua, hi ha hagut elements a millorar que s'han canviat posteriorment. Com per exemple que s'ha regat les plantes en terminis horaris bastant distanciat, i l'aigua no s'ha dipositat en efecte pluja per tota la planta, sinó que s'ha ficat al costat oposat del forat

En aquesta prova encara ho s'ha tingut el programa final per mesurar temperatures i humitats al mateix temps, per tant s'han mesurat al principi i al final de l'experimentació les temperatures i humitats amb els programes dels sensors per separat



Figura 74: Mesura de les dades i sortida del aigua de les safates.

Condicions ambiental durant la realització de la prova:

Prat: Sol i núvol, i hi ha incidència raigs solars sobre les safates.

Grava: Sol i núvol, NO hi ha incidència raigs solars sobre les safates.

Sedum sp: Sol i núvol, i hi ha incidència raigs solars sobre les safates.

Taula 9. Temperatures i Humitats inicials i finals al realitzar la prova 1.

| | | |
|---------------------------|----------------|--------------|
| SAFATA PRAT: | | |
| HORA | INICIAL | FINAL |
| | 13:50 | 14:41 |
| HUMITATS: (%) | | |
| HRA | 54,00 | 63,00 |
| HP | 19,21 | 57,03 |
| TEMPERATURES: (°C) | | |
| TA | 24,30 | 22,70 |
| TP | 21,87 | 23,37 |
| SAFATA GRAVA: | | |
| HORA | INICIAL | FINAL |
| | 14:36 | 16:11 |
| HUMITATS: (%) | | |
| HRA | 59,00 | 60,00 |
| HP | 1,08 | 7,89 |
| TEMPERATURES: (°C) | | |
| TA | 23,10 | 23,40 |
| TP | 27,75 | 23,06 |
| SAFATA SEDUM: | | |
| HORA | INICIAL | FINAL |
| | 16:38 | 17:05 |
| HUMITATS: (%) | | |
| HRA | 60,00 | 64,00 |
| HP | 51,32 | 70,03 |
| TEMPERATURES: (°C) | | |
| TA | 23,40 | 22,30 |
| TP | 21,81 | 20,59 |

A la taula 10 es poden veure les mesures i els càlculs del aigua retinguda i extreta en la prova 1.

Taula 10. Prova 1: Aigua afegida i extreta en les tres tipus de safates. Càlculs del aigua retinguda..

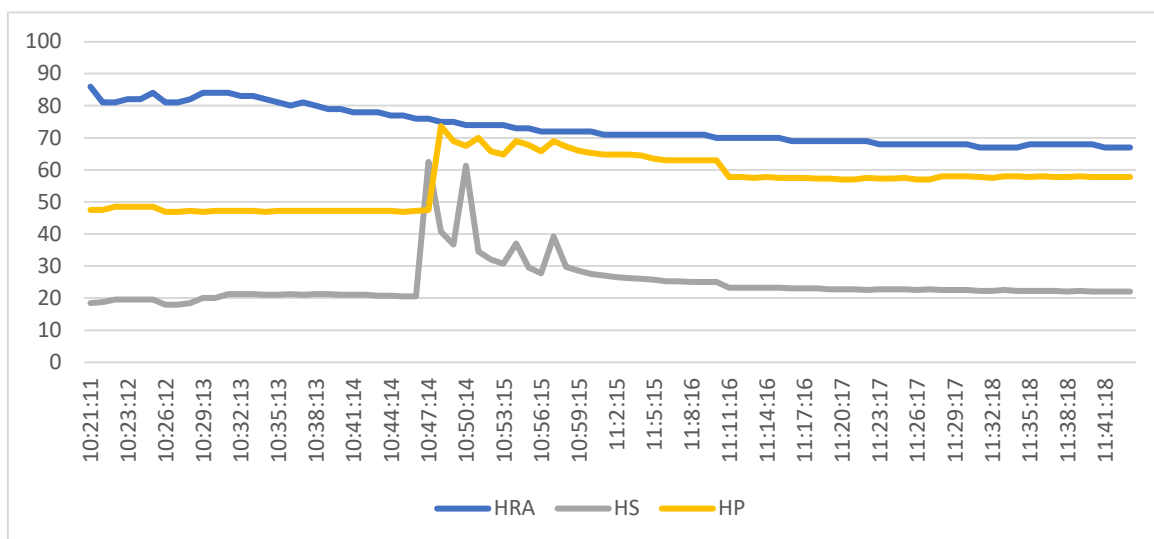
| | GRAVA | TIPUS <i>SEDUM SP...</i> | TIPUS PRAT |
|---|--------------|---------------------------------|-------------------|
| AIGUA AFEGIDA (L) | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| AIGUA EXTRETA (L) | 2,21 | 1,12 | 0,105 |
| AIGUA RETINGUDA (L) | 5,79 | 6,88 | 7,89 |
| TEMPS EN EXTREURE TOTA L'AIGUA (') | 35,31,75 | 20,05,76 | 10,05,00 |

PROVA 2 AIGUA: dia 27-10-19

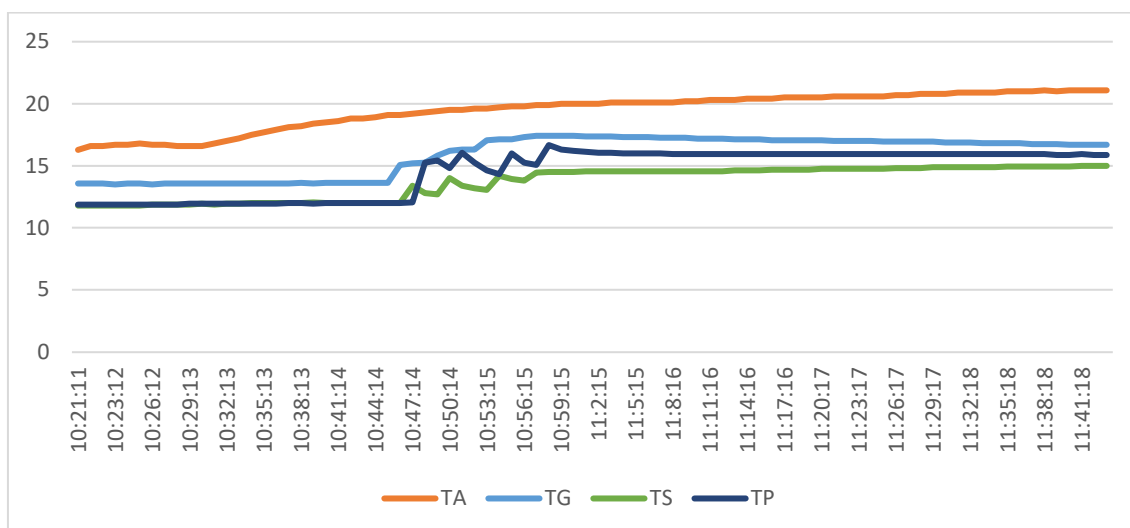
Hora inicialització: 10:21:11 **Hora finalització:** 12:18:21 **Durada:** 1:28:05,80

Cal destacar que tres dies anteriors a l'experimentació hi ha hagut i pluges importants a la zona on les safates estan situades actualment, Alpícat (Lleida). Per tant, podem extreure dades de quanta aigua treu cada safata en estat de saturació aquosa.

En els gràfics 19 i 20 podem observar les mesures d'humitat i temperatura respectivament, del abans, durant i després de la prova.



Gràfic 19. Prova 2: Aigua: Evolució de la humitat ambiental (HRA), de la safata tipus *Sedum* (HS) i del tipus prat (HP)



Gràfic 20. Prova 2 Aigua: Evolució de la temperatura ambiental (TA), de la safata amb grava (TG), de la tipus *Sedum* (TS) i del tipus prat (TP)

Els pics que podem observar en HP, HS, TS, TP, TG equivalen a l'hora en que s'ha fet la imitació de pluja. Per ordre: Safata Grava, Tipus *Sedum* sp. i finalment Tipus Prat.

En la gràfica d'humitats s'ha observat que la HA ha disminuït perquè la temperatura ambiental ha incrementat (veure gràfic). La Humitat de la planta Tipus Prat s'ha

mostrat superior a la del Tipus *Sedum sp.*, ja que aquesta absorbeix més l'aigua i manté més la humitat.

En la gràfica de temperatures s'ha observat que la TA h' augmentat durant el pas del temps, per tant les altres també ho han fet, tot i que s'han regat amb aigua freda. La TG sempre és més elevada a les de les plantes. També s'ha observat que la TP és més elevada respecte a la TS.

Taula 11. Prova 2: Aigua afegida i extreta en les tres tipus de safates. Càlculs del aigua retinguda

| | GRAVA | TIPUS <i>SEDUM SP.</i> | TIPUS PRAT |
|----------------------------|--------------|-------------------------------|-------------------|
| AIGUA AFEGIDA (L) | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| AIGUA EXTRETA (L) | 6,65 | 5,93 | 4,09 |
| AIGUA RETINGUDA (L) | 1,35 | 2,07 | 3,91 |

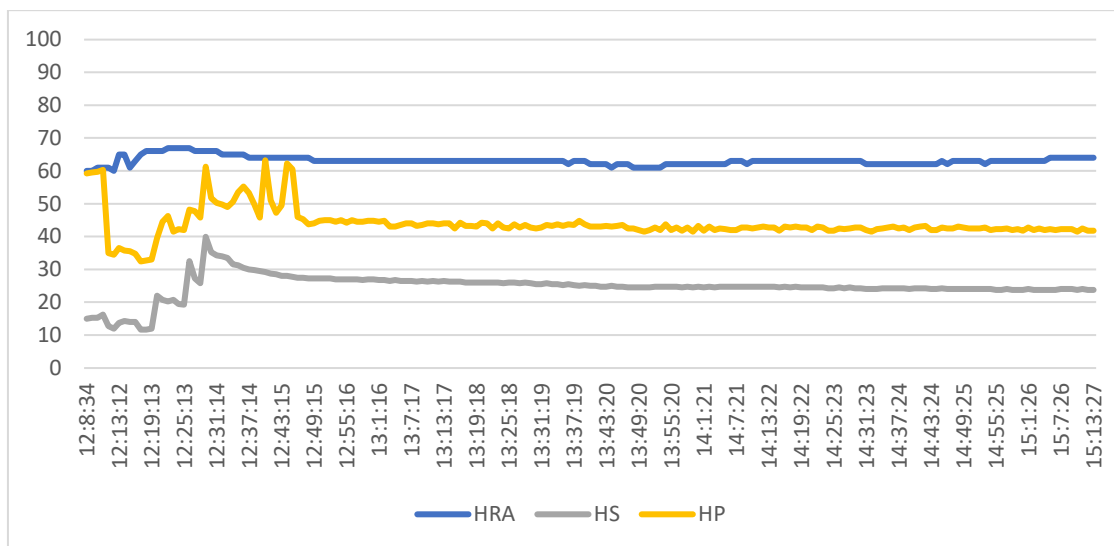
Última safata en extreure aigua: Grava. *Sedum sp.* segon i Prat primer en finalitzar l'extracció.

PROVA 3 AIGUA: dia 1-11-19

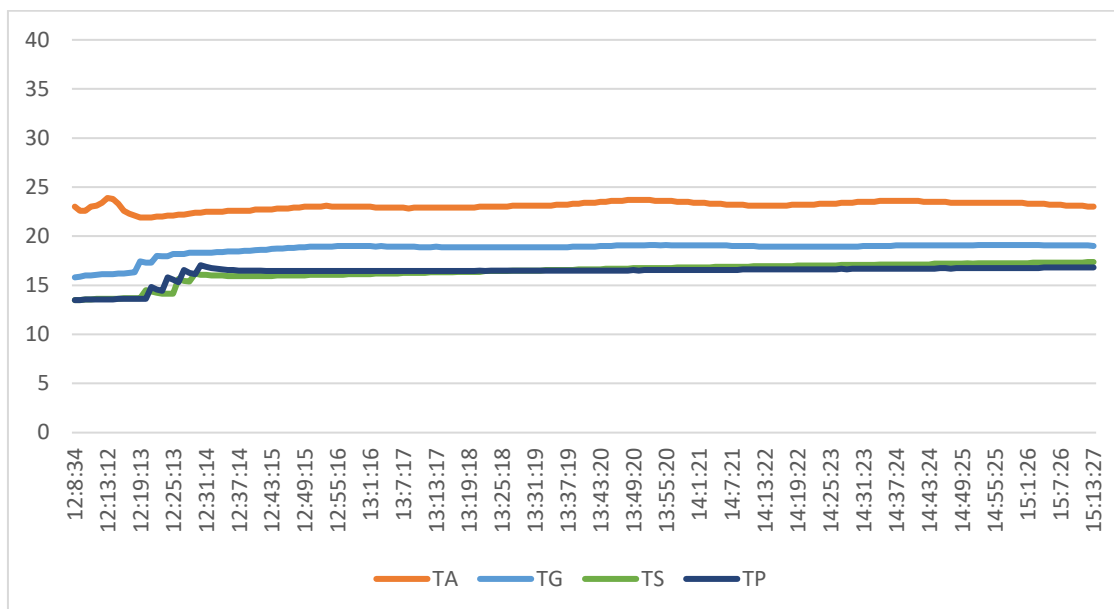
Hora d'inicialització: 12:15:16 **Hora finalització:** 14:07:19 **Durada:** 1:52:03,89

Aspectes a considerar en aquesta prova que intervinguin en el seus resultats: no ha plogut durant quatre dies i no s'ha regat des de la última prova duta a terme.

Les diferències en l'experimentació respecte la prova 2, són que en aquesta el temps de regada ha estat més precisa (cada minut exactament).



Gràfic 21. Prova 3: Aigua: Evolució de la humitat ambiental (HRA), de la safata tipus *Sedum* (HS) i del tipus prat (HP).



Gràfic 22. Prova 3: Aigua: Evolució de la temperatura ambiental (TA), de la safata amb grava (TG), de la tipus *Sedum* (TS) i del tipus prat (TP)

Els pics que podem observar en HP, HS, TS, TP, TG equivalen a l'hora en que s'ha fet la imitació de pluja. Per ordre: Safata Grava, Tipus *Sedum* sp. i finalment Tipus Prat. La HP es mostra superior a HS.

Podem observar que TS i TP son sempre constants i TG és superior a aquestes al llarg de la prova.

Taula 12. Prova 3: Aigua afegida i extreta en les tres tipus de safates. Càlculs del aigua retinguda

| | GRAVA | TIPUS <i>SEDUM SP...</i> | TIPUS PRAT |
|----------------------------|--------------|---------------------------------|-------------------|
| AIGUA AFEGIDA (L) | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| AIGUA EXTRETA (L) | 6,63 | 6,00 | 5,03 |
| AIGUA RETINGUDA (L) | 1,37 | 2,00 | 2,97 |

En aquesta experimentació vers la Prova 2, s'ha observat que quan la safata està més saturada tarda menys en extreure tota l'aigua, en canvi quan el substrat està sec, la planta tarda més en treure tota l'aigua ja que primer l'ha d'absorbir i després extreure.

9.5 ANNEX 5: REDUCCIÓ DE L'AIGUA D'ESCORRENTIA A LA CIUTAT DE BERLIN

A ciutats com Berlín, es paga més impostos si l'edifici n'extreu més aigua quan hi ha pluges lleugeres o torrencials, per així evitar les inundacions del clavegueram en època de pluges.

BACKGROUND — THE GREEN ROOF MOVEMENT IN GERMANY

Germany is the world leader in documenting the benefits of green roofs, advancing the technology and program and developing policy. The Manual discusses the green roof movement in Germany because the German experience has significant lessons for Canadian policy makers.

The widespread use of green roofs in Germany can be traced back to two simultaneous movements in the 1970s — a flurry of technical research to evaluate the ecological benefits of green roofs, and citizen movements arising from concern for the environment and political dissatisfaction.

In the late 70s, researchers started evaluating the ecological benefits of green roofs, inspired by the accidental establishment of plant life on “rental barracks” in Berlin. These working class apartment blocks were built with tar, sand and gravel roofs to prevent the risk of fire. Over time, plant life established itself, leading to the study of the roof’s ecological value.

A 1984 federal court ruling requiring transparency in fees for water was another other development in green roof acceptance. Until the ruling, usage was the sole basis for all water fees for supplying and disposing of water. In response to the ruling, several municipalities split their waste water fees, separately charging property owners for the stormwater directed to sewers from their property. The fee can range from 0.2 /m² (30 cents Cdn) to 2 /m² (\$3 Cdn), depending on a property's impervious surface area — including rooftops. To encourage stormwater source control, municipalities offer a discount for measures, such as de-paving, stormwater retention ponds and green roofs that keep stormwater out of sewers. Discounts for green roofs range from 30 to 50 per cent.

The split waste water fee, which follows the “polluter pays” principle, is a successful and well-accepted tool. An estimated half of German cities with populations of 100,000 or more use split waste water fees.¹⁹ The fees are also effective in decreasing the load on sewer systems.

Municipalities are downsizing and eliminating subsidies for urban greening projects and replacing them with regulations or combinations of taxes and fees as they deal with tight budgets.

Table 5 shows the rate of green roof growth in Germany from 1994 to 2003.

| Year | 1994 | 1997 | 2001 | 2002 | 2003 |
|---|------|------|------|------|------|
| Flat roofs greened (millions of m ²) | 9 | 11 | 13.5 | 13.5 | 13.5 |
| Hämmerle, F. (2005). Der Gründachmarkt leidet unter Wachstumshemmern. (pre-press) | | | | | |

Table 5 — Growth of green roofs, 1994–2003

With green roof implementation levelling off, green roof proponents are looking for new ways to stimulate the market. Two ideas are a quality control system for completed green roofs and a green roof “seal of approval.” Inspecting green roofs after installation is an important way to ensure that green roofs meet FLL guidelines and their ecological requirements.

9.6. EXEMPLE DELS BENEFICIS QUE PODRIA SUPOSAR A LA CIUTAT DE LLEIDA L'IMPLANTACIÓ DE COBERTES VERDES

EXEMPLE DELS BENEFICIS QUE PODRIA SUPOSAR A LA CIUTAT DE LLEIDA

Supòten

DADES → a partir experiment 2.

a SAFATA

$80 \times 60 \times 18 = 86400 \text{ cm}^3 = 0,0864 \text{ m}^3$

$80 \times 60 = 4800 \text{ cm}^2 = 0,48 \text{ m}^2$ superfície safata

$1 \text{ dm}^3 \rightarrow 1 \text{ L}$
 $1 \text{ m}^3 \rightarrow 1000 \text{ L}$
 $1 \text{ m}^2 \rightarrow 1 \text{ m}^3$
 $1 \text{ m}^2 \rightarrow x$
 $x = \frac{1 \cdot 1}{1}$

- saturació aquosa (4 dies després de pluges)

- $t = 1:28:05 \text{ h} = 5285 \text{ s} \approx 1,30 \text{ h}$

↳ temps en extreure tota l'aigua safates GRAVA i SEDUM sp. d'una pluja torrencial d'1 min de $16,6 \text{ L/m}^2$

$0,48 \text{ m}^2 \quad 0,48 \text{ m}^2 \rightarrow 8,00 \text{ L}$
 $8,00 \text{ L/min} \quad 1 \text{ m}^2 \rightarrow x$
 $x = 16,6 \text{ L/m}^2$ (en 1 min)

GRAVA (SA) → grava en saturació aquosa

$S = 0,48 \text{ m}^2 \rightarrow$ en 1 min

Aigua Afegida = $8,00 \text{ L} \rightarrow 0,008 \text{ m}^3$

Aigua Extreta = $6,65 \text{ L} \rightarrow 0,00665 \text{ m}^3$

Aigua Retinguda = $1,35 \text{ L} \rightarrow 0,00135 \text{ m}^3$

$t = 5285 \text{ s} \approx 1:30 \text{ h}$

SEDUM sp. (SA) → sedum sp. en saturació aquosa

$S = 0,48 \text{ m}^2 \rightarrow$ en 1 min

Aigua Afegida = $8,00 \text{ L} \rightarrow 0,008 \text{ m}^3$

Aigua Extreta = $5,93 \text{ L} \rightarrow 0,00593 \text{ m}^3$

Aigua Retinguda = $2,07 \text{ L} \rightarrow 0,00207 \text{ m}^3$

$t = 5285 \text{ s} \approx 1:30 \text{ h}$

SUPERFÍCIE DE LLEIDA CIUTAT

$211,7 \text{ km}^2$

$2,117 \cdot 10^8 \text{ m}^2$

* no és una superfície exacta, és aproximada, ja que no sabem la superfície útil exacta de Lleida ciutat!

* no es calcula el cabal ja que no tenim les dades, per saber quanta aigua extreu en cada min., i tenint en compte que al principi treu la safata més cabal que al final!

• Aigua extreta a Lleida m' les cobertes son de GRAVA.

$$0,48 \text{ m}^2 \rightarrow 0,00665 \text{ m}^3$$

$$2,117 \cdot 10^8 \text{ m}^2 \rightarrow x \text{ m}^3$$

$$x = 2,93 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$2,93 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 2,93 \cdot 10^9 \text{ L}$$

→ que van cap al clavegueram en 1:30h en tota la ciutat de Lleida

Si 2% superfície de Lleida amb cobertes verdes *Sedum sp*

$$2,117 \cdot 10^8 \text{ m}^2 \text{ --- } 100\% \\ x \text{ --- } 2\%$$

$$x = 4,23 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \text{ --- } \text{superfície verde a Lleida}$$

$$\begin{array}{l} \text{neva safata} \quad \text{A. extreta.} \\ 0,48 \text{ m}^2 \text{ --- } 0,00593 \text{ m}^3 \\ 4,23 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \text{ --- } x \end{array}$$

$$x = 5,23 \cdot 10^4 \text{ m}^3$$

$$5,23 \cdot 10^4 \cdot 10^3 = 5,23 \cdot 10^7 \text{ L} \text{ --- } \text{litres extrets per les cobertes verdes a Lleida}$$

$$\underbrace{2,93 \cdot 10^9 \text{ L}}_{\text{tota sup. Lleida amb grava}} - \underbrace{5,23 \cdot 10^7 \text{ L}}_{\text{sup. cobertes verdes}} = 2,88 \cdot 10^9 \text{ L} \text{ --- } \text{diferència d'aigua que extreurem menys}$$

$$2,93 \cdot 10^9 \text{ L} \text{ --- } 100\% \\ 5,23 \cdot 10^7 \text{ L} \text{ --- } x$$

$$x = \frac{5,23 \cdot 10^7}{2,93 \cdot 10^9} \cdot 100 = 1,78\%$$

d'aigua menys que va cap al clavegueram amb un 2% de cobertes verdes de sup. a Lleida

d'AIGUA RETINGUDA

Si 3% superfície de Lleida amb cobertes verdes *Sedum sp*

$$2,117 \cdot 10^8 \text{ m}^2 \text{ --- } 100\% \\ x \text{ --- } 3\%$$

$$x = 6,35 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \text{ --- } \text{sup. de cobertes verdes a Lleida}$$

$$\begin{array}{l} 0,48 \text{ m}^2 \text{ --- } 0,00593 \text{ m}^3 \\ 6,35 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \text{ --- } x \text{ (m}^3\text{)} \end{array}$$

$$x = 7,84 \cdot 10^4 \text{ m}^3$$

$$7,84 \cdot 10^4 \cdot 10^3 = 7,84 \cdot 10^7 \text{ L} \text{ --- } \text{aigua extreta per cobertes verdes a Lleida}$$

$$2,93 \cdot 10^9 \text{ L} - 7,84 \cdot 10^7 \text{ L} = 2,85 \cdot 10^9 \text{ L} \text{ --- } \text{diferència d'aigua que extreurem menys a Lleida}$$

$$2,93 \cdot 10^9 \text{ L} \text{ --- } 100\% \\ 7,84 \cdot 10^7 \text{ L} \text{ --- } x$$

$$x = 2,68\%$$

d'aigua menys que anirà al clavegueram

d'AIGUA RETINGUDA

↓
ESTALVI!!

Si: 5% superfície de lleida amb cobertes verdes *Sedum sp*

$$2,117 \cdot 10^8 \text{ m}^2 \longrightarrow 100\%.$$

$$x \longrightarrow 5\%.$$

$$x = \boxed{1,06 \cdot 10^7 \text{ m}^2} \longrightarrow \text{superfície verde a lleida}$$

$$0,48 \text{ m}^2 \longrightarrow 0,00593 \text{ m}^3$$

$$1,06 \cdot 10^7 \text{ m}^2 \longrightarrow x (\text{m}^3)$$

$$x = 1,31 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

$$1,31 \cdot 10^5 \cdot 10^3 = \boxed{1,31 \cdot 10^8 \text{ L}} \longrightarrow \text{litres extrets per les cobertes verdes a lleida}$$

$$2,93 \cdot 10^9 \text{ L} - 1,31 \cdot 10^8 \text{ L} = \boxed{2,80 \cdot 10^9 \text{ L}} \longrightarrow \text{diferència d'aigua que extraurem menys}$$

$$2,93 \cdot 10^9 \text{ L} \longrightarrow 100\%.$$

$$1,31 \cdot 10^8 \text{ L} \longrightarrow x$$

$$x = \boxed{4,47\%} \longrightarrow \begin{array}{l} \text{aigua menys que anirà al cloacueram} \\ \text{AIGUA RETINGUDA} \\ \text{L'ESTALVI!!} \end{array}$$

Resultats:

| SUPERFÍCIE DE LLEIDA CULTAT $2,117 \cdot 10^8 \text{ m}^2$ | | AIGUA EXTRETA | AIGUA RETINGUDA |
|---|------|-----------------------------|-----------------|
| GRAVA | 100% | $2,93 \cdot 10^9 \text{ L}$ | 0% |
| SEDUM sp | 2% | $5,23 \cdot 10^7 \text{ L}$ | 1,78% |
| | 3% | $7,84 \cdot 10^7 \text{ L}$ | 2,68% |
| | 5% | $1,31 \cdot 10^8 \text{ L}$ | 4,47% |